Aus der Medizinischen Klinik der Universität Würzburg
Direktor: Prof. Dr. med. H. A. Kühn

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNG DER VERDAULICHKEIT VON KRILLMUS UND LAKTALBUMIN BEI EINWIRKUNG VON MENSCHLICHEM MAGENSAFT

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Liane Preu
aus Würzburg

Würzburg, den 25. April 1980

Aus der Medizinischen Klinik der Universität Würzburg
Direktor: Prof. Dr. med. H. A. Kühn

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNG DER VERDAULICHKEIT VON KRILLMUS UND LAKTALBUMIN BEI EINWIRKUNG VON MENSCHLICHEM MAGENSAFT

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Liane Preu
aus Würzburg

Würzburg, den 25. April 1980

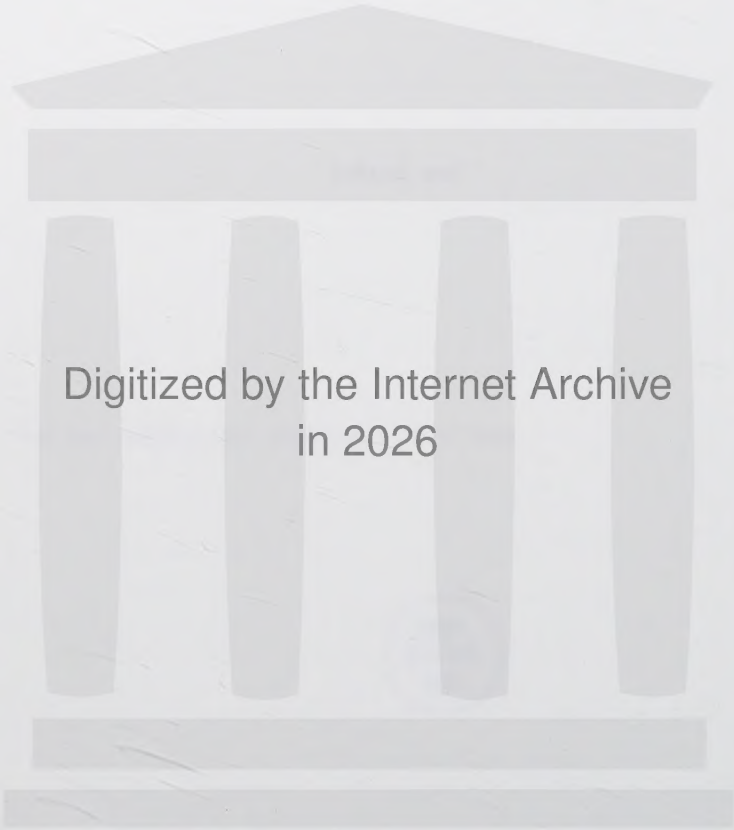
Referent:	Prof. Dr. L. Maiwald
Korreferent:	Prof. Dr. H.A. Kühn
Dekan:	Prof. Dr. K.-H. Wulf

Tag der mündlichen Prüfung: 8.7.1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität Würzburg

Dem Bruder


Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543520_0082

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S Seite

I. EINLEITUNG 1

II. ALLGEMEINER TEIL 2

A) Magenproteolyse:

Bedeutung von Säure und Pepsin; bisherige Kenntnis über die Entstehung und physiologische Bedeutung von Spaltprodukten 2

B) Der Krill:

Vorkommen und Bedeutung; Biologie; stoffliche Zusammensetzung; Verarbeitungsmöglichkeiten; bisherige Versuche zur Feststellung seines Nährwertes 8

C) Austauschbarkeit von Nahrungseiweiß 12

III. FRAGESTELLUNG 14

IV. MATERIAL UND METHODIK 15

A) Material und Methodik des Versuchs 15

B) Art der Auswertung 19

V. ERGEBNISSE 20

A) Tabellen der ermittelten Extinktionsmeßwerte 20

B) Beschreibung der Kurven 32

C) Zusammenfassung des Ergebnisses 33

VI. DISKUSSION 35

A) Diskussion der Methode 35

B) Diskussion der Ergebnisse 37

C) Bedeutung für die praktische Anwendung 41

VII. ZUSAMMENFASSUNG 44

VIII. LITERATURVERZEICHNIS I - IV

I. EINLEITUNG

Krill wird für die menschliche Ernährung in zunehmendem Maße eingesetzt; angesichts der Welternährungslage wird er wahrscheinlich in Zukunft an Bedeutung gewinnen.

Bis jetzt war noch ungeklärt, ob diese aus tierischem Meeresplankton gewonnene Nahrung in Bezug auf ihr Eiweiß in ihrer Verdaulichkeit mit anderen Nahrungsproteinen qualitativ zu vergleichen ist.

Die vorliegende Arbeit stellt einen experimentellen Beitrag zu dieser Frage dar. Vergleichbare Mengen von Krillmus und Laktalbumin wurden in einer Paralleluntersuchung menschlichem Magensaft in vitro zugesetzt. Nach Einwirkung des Magensaftes wurde die Bildung von Spaltprodukten quantitativ bestimmt und die Spaltproduktbildung von Krill und Laktalbumin miteinander verglichen.

II. ALLGEMEINER TEIL

A) Magenproteolyse:

Bedeutung von Säure und Pepsin; bisherige Kenntnis über die Entstehung und physiologische Bedeutung von Spaltprodukten

Der erste Reiz, der eine Magensaftsekretion auslöst, findet sich in Geruchs- und Geschmacksempfindungen, die bei dem ersten Schritt der Verdauung, der Auseinandersetzung mit der Nahrung in der Mundhöhle, entstehen. Diese Reize, durch die wir die Nahrung noch in ihrer Art bewußt wahrnehmen können, schlagen sich in einer Erhöhung des Vagotonus und damit dem Einsetzen der Säuresekretion nieder, die so die weitere Verdauung im Magen vorbereitet.

Die hohe Pufferkapazität der Nahrung läßt die Säurewerte des Chymus zunächst nicht über den schwach sauren Bereich (pH 3-5) hinaus ansteigen. In diesem Säurebereich entfaltet das Kathepsin seine Wirkung (Spaltbereich: pH 3-6 (7)). Es beginnt die Aufspaltung des Eiweißes an Bindungen, an denen insbesondere das Tyrosin beteiligt ist. So werden Tyrosin bzw. tyrosinhaltige, aber auch tryptophanhaltige Peptide relativ rasch freigesetzt.

Die Abspaltung dieser Peptide durch Kathepsin erfolgt bei Säurewerten, die jeweils in der Nähe des isoelektrischen Punktes des Nahrungseiweißes liegen (8).

Die weitere Aufspaltung besorgt das Pepsin; es greift das Eiweiß an den gleichen Bindungen an wie das Kathepsin (8). Der Unterschied seiner Wirkungsmöglichkeit liegt in seiner Abhängigkeit von hohen Säurewerten. Das Wirkungsoptimum des Pepsins liegt bei pH 1,5-2,5 und schwankt je nach Art des Substrates (4).

Derartige Säurewerte werden jedoch erst relativ spät im Magen erreicht. Andererseits tritt bei einer H-Ionenkonzentration, die den pH unter 2 sinken läßt, wiederum eine Hemmung der proteolytischen Aktivität ein.

Das Mengenverhältnis der Freisetzung von Kathepsin: Pepsin ist wiederum abhängig von der bestehenden Säuerung des Chymus (37,38). Je nachdem, welche H-Ionenkonzentration im Nahrungsbrei erreicht wird, wird das für die gegenwärtigen Aziditätsverhältnisse entsprechende eiweißspaltende Enzym freigesetzt.

An der Einstellung des jeweiligen pH-Wertes ist außer der Menge sezernierter Salzsäure die Höhe der Pufferkapazität der Nahrung, v.a. ihrer Eiweiße, beteiligt, die je nach Art des Nahrungsmittels verschieden ist (2). Hinzu kommt das Wirksamwerden der Urease, die sich in der Magenmucosa befindet; diese setzt aus Harnstoff Ammoniak frei, der freie Salzsäure zu neutralisieren in der Lage ist (14,21).

Das Zusammenwirken dieser drei Faktoren (Menge serzernierter HCl, Höhe der Pufferkapazität der Nahrung und Ureaseaktivität) stellt den Säurewert des Chymus ein, bei dem die jeweilige Nahrung aufzuspalten ist.

Denn das Säuremilieu, in dem eine Substanz optimal spaltbar ist, ist für jede Substanz wiederum spezifisch (25).

So liegt das Optimum der Enzymwirkung für das Casein der Milch im schwach sauren Bereich (pH 4) entsprechend einer Kathepsinwirkung. Demgemäß findet sich bei der Magermilch eine hohe Pufferkapazität, durch die im Zusammenspiel mit der Ureaseaktivität der kathepsingerechte pH aufrechterhalten wird. Außerdem ist im schwach sauren Milieu auch noch der Speichelamylase eine Wirkungsmöglichkeit gegeben (3).

Die aus der gastralen Eiweißandauung - auf die der Magen v.a. ausgerichtet ist - entstehenden Spaltprodukte nehmen ihrerseits Einfluß auf den Verlauf der Proteolyse.

Die Magenproteasen finden ihren Angriffspunkt an Bindungen, an denen insbesondere Tyrosin beteiligt ist. Es kommt jedoch unter bestimmten Bedingungen auch zur Abspaltung von Tryptophan und Histidin (4).

Es entstehen kleinmolekulare Peptide sowie, in Abhängigkeit von Ansäuerung bzw. Säureüberschuß im Chymus, unterschiedliche

Mengen von Phenylalanin/Tyrosin und Tryptophan- in Peptidform gebunden oder als freie Aminosäuren (5,22).

Der Umfang der Spaltung ist abhängig von der Art des Eiweißes, der Eiweißmenge, der Pufferkapazität der Nahrung, der in der Zeit sezernierten Säuremenge und damit der jeweiligen Säuerung des Chymus, der sezernierten Enzymmenge und der Einwirkungszeit (22).

Freigesetzte aliphatische Aminosäuren üben eine Wirkung auf die gastrale Gastrinproduktion aus und beeinflussen über diesen Weg die Magensaftsekretion im Sinne der Anregung (11,13).

Welche Eiweißbruchstücke während der gastral-antralen Phase gastrinmobilisierend wirken, ist jedoch noch nicht restlos geklärt: So fand Tagawa (36) einen sekretorischen Effekt nach oraler Gabe von Aminosäurehydrochloriden, auch nach intravenöser und rectaler Applikation.

Die Salze der Aminosäuren werden nach Klingmüller (18) rascher resorbiert, so daß der Sekretionsreiz den Aminosäuren alleine zukäme.

Da Eiweißabbauprodukte die Magensekretion stärker stimulieren als das Ausgangsmaterial, andererseits ein Aminosäurengemisch schwächer sekretorisch wirksam ist als hydrolytisch oder fermentativ abgebautes Casein, schreiben Ivy und Javois (15) den Peptiden eine magensafttreibende Wirkung zu.

Rodewyk und Surman (30) konnten den Einfluß proteolytisch gebildeter Eiweißabbauprodukte im Sinne der Steigerung der sekretorischen Magenfunktion zeigen, indem sie nach Gabe von Magermilch eine Steigerung der Säuresekretion des Magens erhielten und nach Gabe von mit Pilzproteasen vorverdauter Magermilch eine rascher einsetzende Sekretion bewirkten. Diese ließ sich durch den Zusatz eines Aminosäuregemisches noch steigern, das aus enzymatischem Abbau tierischen Eiweißes mit Pilzproteasen gewonnen wurde (30). Der sekretionssteigernde Effekt wurde hierbei auf das Vorhandensein der Aminosäuren zurückgeführt, die durch Pilzproteasen pH-unabhängig in hohem Maße freigesetzt werden.

Durch aromatische Aminosäuren, wie Tyrosin und Tryptophan, soll eine direkte Rückwirkung auf das vegetative Nervensystem gegeben sein, das auf hormonell-nervalem Wege die Durchblutung und damit die Sauerstoffversorgung, die Säuresekretion der Magenschleimhaut und die Peristaltik steuert und darüber hinaus auf die nachfolgende Verdauung im Dünndarm regulatorischen Einfluß hat.

So konnte die Aufnahme von Tyrosin in die Rattenmagenmucosa und seine dort stattfindende Umsetzung zu Noradrenalin bewiesen werden (23).

Serotonin und andere Tryptophanabkömmlinge sowie ein Umsatz zu Histamin konnten ebenfalls in der Magenwand der Ratte gefunden werden (24).

Die im Chymus gelösten Aminosäuren können durch die Magenschleimhaut nur in der neutralen Zwitterionenform aufgenommen werden. Somit ist eine geeignete Säurekonzentration dort, wo Chymus und Mukosa aneinandergrenzen, Voraussetzung und Regulativ für die Aminosäurenfreisetzung und -resorption (28).

Die abgespaltene Menge an essentiellen aromatischen Aminosäuren und kleinmolekularen Peptiden findet sich in einem dem jeweiligen Eiweiß entsprechenden proteinspezifischen Verhältnis (17). Außer von der Säureproduktion und der Enzymaktivität hängt die Quantität der Abspaltung v.a. von der jeweiligen Eiweißstruktur, d.h. der Beschaffenheit ihrer Oberfläche, ab (34).

Es zeigt sich so ein intensives Wechselwirken zwischen der Nahrung und dem jeweiligen Funktionszustand des Magens, d.h. dem Ausmaß der Saftsekretion und seiner an der Nahrung abgestimmten Zusammensetzung aus Salzsäure und Enzymen, die ein für die Nahrung besonderes Verhältnis zueinander einnehmen, einen Zustand schaffend, in dem die Verdauung für diese Nahrung optimal ablaufen kann.

Im Verlauf der gastralen Andauung stimmt sich dieses Gleichgewicht ständig von neuem aufeinander ab. Die entstehenden Spaltprodukte stellen einerseits über das Gastrin, andererseits über den neurovegetativen Weg den Magenfunktionszustand

den jeweiligen Anforderungen entsprechend ein, um die weitere Verdauung vorzubereiten, indem das gastrale Spaltprodukt auf die nachgeordneten Verdauungsorgane regulierenden Einfluß nimmt. Magen und Duodenum bilden im Blick auf die Motilität, Sekretion einschließlich ihrer Regulationsmechanismen in physiologischer und pathophysiologischer Hinsicht eine funktionelle Einheit (20).

Pankreozymin - Cholezystokinin wird in der Schleimhaut des Magenantrums und Duodenums unter der Wirkung von Proteinen, Peptonen und Aminosäuren sowie Fett freigesetzt und führt im Pankreas zur Ausschüttung der Enzyme und zur Kalziumfreisetzung (40). Außerdem führt es durch eine starke Kontraktion der Gallenblase zur Entleerung der gespeicherten Galle.

Unter der Wirkung v.a. der Salzsäure, Peptonen, Aminosäuren und Fettsäuren wird aus der Duodenalschleimhaut Sekretin freigesetzt und wirkt über den Blutweg auf das Pankreas, das daraufhin Wasser, Bicarbonat und Chlorid sezerniert (40).

Sekretin und Pankreozymin gehören zu den gastrointestinalen Hormonen, die unter dem Namen Enterogastron zusammengefaßt werden und auf dem humoralen Wege die Motorik, Peristaltik und Sekretion des Magens hemmen (28). Außerdem wirkt in Analogie zur cephalischen Phase des Magens ein erhöhter Vagotonus sekretionsfördernd auf das Pankreas, Sympathicusreizung hemmt eher Volumen- und Enzymsekretion (39).

In solcher Weise wirkt die Güte der gastralen Eiweißverdauung mit den daraus entstehenden Spaltprodukten bestimmend auf die Qualität der nachfolgenden Verdauung im Dünndarm, indem sie mit den Reiz setzt für die Freisetzung von Sekretin und Pankreozymin und damit auf humoralem Wege auf das Pankreas stimulierend wirkt, des weiteren über den neurovegetativen Weg regulatorischen Einfluß hat.

In seiner Bedeutung ersichtlich wird dies in der Betrachtung der Folgezustände, die eine verminderte gastrale Eiweißaufspaltung nach sich zieht.

Nach Gastrektomie beruht nach Davenport die reduzierte Sekre-

tion von Galle und Pankreassaft auf einem Unterangebot an Sekretin und Pankreozymin infolge Säuremangels und unzureichender Aufschließung der Speisen im Magen (10). Unverdaute Nahrungsproteine reizen den Dünndarm und führen zu erhöhter Sekretion und reflektorisch vermehrter Peristaltik, daraus folgender beschleunigter Darmpassage, zu kurzer Einwirkungszeit der Enzyme auf hochmolekulare Proteine, die schließlich dem bakteriellen Abbau im Dickdarm anheimfallen. Abgesehen von der unzureichenden Verwertung des Eiweißes und daraus sich ergebenden Stickstoffverlusten kommt es zu Veränderungen der gesamten Darmflora, vom Dickdarm aus aufsteigend,und damit zur Beeinträchtigung der Dünndarmverdauung und -resorption. Die pathologischen Zersetzungsvorgänge führen zur Schwächung der Abwehrkräfte des Darmes und, verbunden mit der veränderten Darmflora, zum Auftreten von Enteritiden (24,22).

Dieses Beispiel zeigt, wie eine ungenügende Funktion an einer Stelle des Verdauungsablaufs auf die Dauer das Auftreten pathologischer Prozesse des gesamten Verdauungssystems bewirkt.

Andererseits hat die Anforderung, die durch eine bestimmte Nahrung an die Verdauung gestellt wird, über die Zeit Rückwirkung auf die anatomische Organstruktur selbst, wodurch die Funktion des Verdauungsorgans ihre Begrenzung findet.

Die Untersuchung deutlich unterernährter Patienten ergab, daß diese nur eine geringe Bildung von Fermenten und Salzsäure aufwiesen. Nach Histamingaben kam es nur zu sehr kurzen und wenig ergiebigen Reaktionen. Nach Gabe einer kalorienreichen Ernährung zeigte sich bald eine deutliche Besserung, d.h. Steigerung der Säure- und Fermentmengensekretion (26).

Zuletzt sei auf die Möglichkeit des Organismus hingewiesen, mangelhafte Verdauung aufgrund pathologischer Organstrukturen auf funktioneller Ebene auszugleichen.

Patienten mit atrophischer Magenschleimhaut, d.h. fehlender Salzsäure- und Fermentproduktion, zeigen oftmals eine ausreichende Proteolyse im Magen. Bei ihnen findet sich ein starker Rückfluß von Duodenalsaft in den Magen, die Proteolyse wird durch das Trypsin bewerkstelligt (6).

Es sollte mit diesen Beispielen das intensive Wechselwirken aufgezeigt werden, das sich zwischen der Nahrung und ihrer besonderen Qualität einerseits und der Funktion der Verdauungsorgane bis hin in ihre anatomischen Strukturen andererseits abspielt.

B) Der Krill:
Vorkommen und Bedeutung; Biologie; stoffliche Zusammensetzung; Verarbeitungsmöglichkeiten; bisherige Versuche zur Feststellung seines Nährwertes

Krill ist die Bezeichnung für tierisches Plankton, das vorwiegend aus dem kleinen Krebs der Gattung Euphausia besteht; in Form mehrerer Arten ist er vor allem in der Antarktis verbreitet. Krill wurde aber auch im St. Lorenz-Strom, der im nördlichen Teil der Erdhalbkugel liegt (Ostküste Nordamerikas), und auch nördlich von Norwegen im nördlichen Eismeer in großer Konzentration gefunden, enthält dort jedoch ganz andere Arten des Krill (19).

Die bisherigen Schätzungen über die Größe des Krillvorkommens und ihre jährliche Produktion gehen noch weit auseinander. Der Krill verdoppelt seinen Bestand nach einem Jahr, hat also eine hohe Fortpflanzungsrate (19). Es gilt als sicher, daß mindestens 50 Millionen Tonnen jährlich gefischt werden können (32).

Angesichts der beachtlichen Dezimierung der Wale auf ca. 15 % des Bestandes von 1930, denen Krill als Nahrung dient, ist eine Menge von ca. 60 - 70 Millionen Tonnen Krill im Jahr verfügbar, die früher von Walen verzehrt wurde und nun praktisch frei geworden ist. Ein Krillfang in dieser Größenordnung würde also den Bestand in keiner Weise gefährden (32).

Die Eiweißkonzentration des Krill beträgt 15 - 18 %, so daß aus einer Krillmenge von 50 Mill. Tonnen eine Eiweißmenge von ca. 7,5 Millionen Tonnen zu gewinnen wäre. Die Eiweißlücke von 1,4 Millionen Tonnen Eiweiß pro Jahr in der Welternährung, die gegenwärtig meist durch Milchpulver oder Sojaeiweiß gedeckt

wird, ließe sich durch diese wertvolle Eiweißquelle zusätzlich schließen (19).

Der Krill - Euphausia superba Dana

ist ein 3,5 - 6 cm großes Krebschen mit orangeroter Farbe, die seinem reichen Karotingehalt entstammt. Es ist an sehr kalte Meere gebunden mit Wassertemperaturen von -3 bis +2°C (19); Krill lebt überwiegend, in dichten Schwärmen sich zusammenballend, in denobersten Wasserschichten von 0 - 50 m Tiefe, ist gelegentlich jedoch auch in Tiefen bis 100 m zu finden (32,19). Bezüglich seiner Lebensdauer herrschen noch unterschiedliche Meinungen: 2 1/2 - 3 Jahre (32) bzw. 1 - 2 Jahre (19).

Die Tierchen entwickeln sich aus Eiern, die frei ins Wasser abgelegt werden und aus Tiefen von 250 - 500 m bis auf etwa 1.500 m hinuntersinken. Hier bilden sie sich zu Larven (Nauplien), die den Aufstieg nach oben beginnen und sich währenddessen zu jungem Krill entwickeln, der nun im Oberflächenwasser zu finden ist. Krill gleichen Alters bleibt meist in demselben Schwarm zusammen; die Schwärme können recht unterschiedliche Ausdehnung erreichen (wenige Meter bis 5 km Länge mit Dicken von 1,5 - 5 m) (32).

Der Krillschwarm unternimmt tagesperiodische Vertikalbewegungen. Überhaupt ist er sehr lichtsensibel und reagiert speziell auf rotes Licht mit einer starken Ansammlung. Die Dichte der Krebse in den obersten 5 m unter der Wasseroberfläche ist nachts meist erheblich höher als am Tage (32,19).

Der Krill ernährt sich hauptsächlich von Kieselalgen (Diatomeen) undeinigen anderen Arten pflanzlichen Planktons (32).

Krill selbst dient vor allem Walen, Robben, Pinguinen und anderen Vögeln und einer Reihe von Fischen wie Hering, Kabeljau, Makrele und Lodde als Nahrung (32,19).

Die stoffliche Zusammensetzung des Krill

ähnelt der Zusammensetzung anderer, seit Jahrhunderten verzehrten Crustazeenarten (z.B. Nordseegarnelen) (9) und weist keine toxischen Nebenbestandteile auf.

Sein Eiweißgehalt macht 12 - 17 % des Frischgewichtes aus (8, 9). Beachtlich ist der hohe Anteil an essentiellen Aminosäuren, der fast 50 % der Gesamtmenge der Aminosäuren beträgt; insbesondere der hohe Gehalt an Leucin und Lysin ist ernährungsphysiologisch günstig, v.a. bei Überwiegen des pflanzlichen Eiweißes in der Kost. Limitierend bei einem alleinigen oder überwiegenden Verzehr von Krilleiweiß dürfte Cystein sein (33).

Auch die Fettsäurezusammensetzung weist den Krill mit einem hohen Prozentsatz an ungesättigten (68 %), darunter 6,5 % essentiellen, Fettsäuren als hochwertiges Nahrungsmittel aus. Bemerkenswert ist der relativ hohe Anteil an Phospholipiden: ca. 50 % lecithin- und kephalinartigen Lipiden stehen nur 30 - 40 % Neutralfette und 4 - 8 % Unverseifbares gegenüber (33). Der Fettgehalt als solcher beträgt 1,5 - 7 % des Frischgewichtes (8,9).

Der Kohlehydratanteil beläuft sich auf 0,7 - 1 % des Frischgewichtes (8,9). Vitamine und Mineralien entsprechen dem bei anderen Fischen üblichen Gehalt (33). Hervorzuheben wäre vielleicht der reiche Gehalt an Vitamin A und D (32). An Spurenelementen finden sich Kupfer, Zink, Mangan, Kobald und Nickel (19).

Bedeutsam erscheint die Feststellung, daß die Jahreszeit Einfluß auf die stoffliche Zusammensetzung des Krill hat. Im Verlauf des antarktischen Sommers, also November bis April, nimmt der Gehalt an Fett zu und der Eiweißgehalt spiegelbildlich dazu ab (12,31). Diese gegenläufige Abhängigkeit von Eiweiß und Fett ist jedoch nicht allein eine Besonderheit des Krill, sondern ebenso bei Fettfischen bekannt (31). Des weiteren nimmt der Fettgehalt mit zunehmendem Körpergewicht zu, gegensätzlich dazu fällt der Proteingehalt ab (12).

Überhaupt haben die Umweltverhältnisse erheblichen Einfluß auf den Krill: Wassertemperatur, Salzgehalt, Nährstoffe (Gewässer der Antarktis sind besonders nähr- und sauerstoffreich) und Strömungen bestimmen seine Ausbreitung (32).

Zur Verarbeitung

bietet sich v.a. die Möglichkeit an, Krill nach 3-minütigem Garen durch einen Grätenseparator zu pressen, wobei Chitinschale und Körperinhalt getrennt werden (33). Tiefgefroren ist diese Farce mindestens 8 Monate lagerungsfähig (9). Aus dieser Kochfarce lassen sich homogene Produkte herstellen, wie Suppen, Aufstrichpasteten, Creme, Soßen und Pastetenfüllungen (9,19). Eine weitere Möglichkeit besteht in der Kombination mit Speck, Fischfarce und Gewürzen zu Frühstückfleisch sowie als Rohstoff für Streichwurst (33).

In Japan wird Krill in Form von Majonaisen, mit Butter, Öl oder Käse gemischt, gut verkauft. Aber auch unzerkleinerter und gefrorener Krill hat in Japan großen Anklang gefunden (19).

Krill (gekocht - wie oben beschrieben) schmeckt leicht leberartig, etwas süß, nach einiger Lagerzeit und Zusatz von Salz auch etwas fischig (9).
Eine Erhitzung auf höhere Temperaturen wie z.B. zur Herstellung von Frikadellen bewirkt jedoch wesentliche Geschmackseinbußen (9).

In Form von Fischmehl wird Krill als Fischfutter (z.B. Forellen- und Lachszucht an der Pazifikküste) sowie als Geflügelfutter verwendet (19).

Versuche zur Feststellung des Nährwertes von Krill an Tieren

wurden von Russen durchgeführt, indem sie junge Ratten mit Krillpaste und eine Parallelgruppe mit Rindfleischpaste von gleich hohem Eiweißgehalt ernährten (18 %). Dabei wiesen die mit Krillpaste ernährten Ratten einen wesentlich höheren und schnelleren Wachstumsanstieg auf als die mit Rindfleisch ernährten. Diese Überlegenheit ist offenbar nicht allein dem Eiweiß, sondern auch anderen Bestandteilen bzw. der Zusammensetzung des Krillfleisches zuzuschreiben (19).

Versuche japanischer Forscher an Ratten ergaben, daß Krill in seinem Ernährungswert gleichrangig dem Milcheiweiß ist (1).

C) Austauschbarkeit von Nahrungseiweiß

Bei der Überlegung, ob verschiedene Eiweißarten gegeneinander austauschbar für die Eiweißversorgung des menschlichen Organismus sind, d.h. qualitativ miteinander verglichen werden können, wird üblicherweise alleine das Stickstoffäquivalent und die Aminosäurezusammensetzung des Eiweißes als Kriterium gewertet (17). Aus dem Stickstoffäquivalent ist nur ersichtlich, welche Menge an stickstoffhaltigen Substanzen dem Organismus zum Aufbau körpereigenen Eiweißes zugeführt wird. Die Aminosäurezusammensetzung, durch eine Analyse aufgeschlüsselt, beschreibt die Art und das Verhältnis der einzelnen Aminosäuren zueinander, gibt jedoch keine Auskunft über die enzymatische Zugänglichkeit der Bindungen, Art der Verknüpfung und räumliche Anordnung, was von Bedeutung für die Verdaulichkeit ist.

Kitschenberg (17) und Kinscher (16) versuchten in Vergleichsuntersuchungen, die Verdaulichkeit eines Eiweißes anhand seiner Spaltproduktbildung nach Einwirken von menschlichem Magensaft in vitro zu bewerten. Sie fanden, daß gleiche Gewichtsmengen von Eiweiß verschiedener Herkunft in ihrer Verdaulichkeit recht unterschiedlich sind. Diese ist abhängig von der Zahl tyrosinhaltiger Bindungen in der Gewichtseinheit eines bestimmten Eiweißes (= Angriffspunkt für Pepsine), ferner der Sekundär- und Tertiärstruktur des Proteins (29) und von dem physikalischen Zustand, in welchem sich das Nahrungseiweiß bei Einwirkung der Pepsine befindet, wobei die Überführung aus dem Sol- in den Gelzustand bei niedrigen pH-Werten die Andauung dieses koagulierten Eiweißes durch Pepsin erschwert. Schließlich ist der Säurebereich, in dem das jeweilige Eiweiß optimal spaltbar ist, für jedes Eiweiß wiederum spezifisch (vgl. allgemeiner Teil).
Diese Kriterien sind selbstverständlich alle auf die Verdauung im Magen bezogen, nicht für die im Darm.

Als grundlegende Bedingung, um von einer weitgehenden physiologischen Austauschbarkeit von Nahrungseiweiß in Bezug auf ihre Aufspaltung und Resorption im Verdauungstrakt zu sprechen, wäre

die Abspaltung vergleichbarer Mengen bestimmter Eiweißspaltprodukte an jeweils entsprechender Stelle des Verdauungsablaufes (Magen, Duodenum) zu fordern. Eine relativ große Spaltproduktbildung im Magen, die auch schon bei hohen pH-Werten anläuft, bewirkt einerseits eine Rückwirkung auf die Magenfunktion und bereitet andererseits die Verdauung im Darm auf vielfältige Weise vor, wie dies bereits im allgemeinen Teil ausgeführt wurde. So daß daraus geschlossen werden kann, daß eine relativ große gastrale Spaltproduktbildung für die leichte Verdaulichkeit eines Eiweißes spricht. Die Spaltproduktbildung müßte dann auch schon bei hohen pH-Werten im Magen einsetzen.

Aufgrund dieser Überlegungen wurde die Verdaulichkeit von Krilleiweiß auf dem Wege geprüft, die Spaltproduktbildung aus Krill mit der des Laktalbumins nach Einwirkung von menschlichem, enzymaktiven Magensaft in vitro miteinander zu vergleichen, wobei das Laktalbumin als sehr leicht verdauliches Eiweiß Bedeutung hat.

Ihre Einschränkung muß die Methode darin finden, daß in einer in-vitro-Untersuchung die mannigfaltigen Wechselwirkungen, die sich zwischen Chymus und Magen im lebenden Organismus abspielen, umgangen werden.

Hier muß der Aussage dieser Untersuchung eine Grenze gesetzt werden.

III. FRAGESTELLUNG

1. Ist die Spaltproduktbildung aus Krill und Laktalbumin sowohl kleinmolekularer Peptide als auch aromatischer Aminosäuren quantitativ vergleichbar, wenn einander entsprechende Mengen von Krill und Laktalbumin den gleichen proteolytisch aktiven, menschlichen Magensaftproben zugesetzt werden?

2. In welchen Magensaftfraktionen ist ein Optimum der Spaltbarkeit von Krill und Laktalbumin zu finden und entspricht auch hier Krill dem Laktalbumin?

3. Welchen Einfluß auf die Spaltproduktbildung sowohl kleinmolekularer Peptide als auch aromatischer Aminosäuren haben die Gabe des Antacidum-Tyrosins in den Magen und die sich daraus ergebenden Wirkungen?

4. Ist das mit dem Antacidum eingebrachte Tyrosin noch in den danach ausgeheberten Magensäften enthalten? Als solches müßte es, da es folin-positiv reagiert, in den entsprechenden Proben nachzuweisen sein.

IV. MATERIAL UND METHODIK

A) Material und Methodik des Versuchs

Die Methodik der Untersuchung wurde der Arbeit von Kitschenberg (17) entnommen.
Die Magensaftproben wurden folgendermaßen gewonnen:

Der Magensaft wurde in 15-min. Abstand entnommen
(Absaugzeit = 3 min, folgende Pause = 12 min).
Fraktion I = Nüchternsekret
Fraktion II = Leersekretion nach 15 min.

Stimulierung mit Pentagastrin (Gastrodiagnost^{R} der Fa. Merck,
Dosis: 6 µg Pentagastrin/kg Körpergewicht s.c.)

Fraktion 1 - 6 = 6 x 15 min-Sekretion nach Stimulierung.

Der Versuch wurde mit Magensaftproben von 27 Personen vorgenommen. Im Rahmen dieser Untersuchung erhielten 17 der insgesamt 27 Patienten aus anderen Gründen zwischen Fraktion II und Fraktion 1, also in der Phase der Pentagastrinstimulierung, durch die Schlauchsonde in den Magen

10 gr. Fe-Mg-Silikat (Antacidum) im Gemisch mit 0,1 gr. Tyrosin.

Dem Magensaft wurde eine 0,5 % Suspension aus Krillmus bzw. Laktalbumin zugesetzt.

Krillmus ist gefriergetrockneter, geschälter, d.h. von seinem Chitinpanzer befreiter Krill.

Zusammensetzung (Angabe in % der Trockensubstanz (8):
Protein (aus N): 50 - 80 %
Fett: 7 - 34 %, Kohlenhydrate: 2 - 4 %, Asche 10 - 19 %.

0,5 g Krillmus wurde mit ein wenig physiologischer Kochsalzlösung zunächst in einem Homogenisator ca. 5 min fein zermahlen und dann mit physiologischer Kochsalzlösung auf 100 ml aufgefüllt.

Laktalbumin lag in Pulverform vor (Fa. Töpfer).
Zusammensetzung: Wasser: 4,5 %
Eiweiß: 67 %, Fett: 4,0 %, Laktose (Kohlehydrate): 19,5 %, Asche: 3,0 %.
0,5 g Laktalbumin wurde in 100 ml physiologischer Kochsalzlösung aufgelöst.

Beim Entnehmen der kleinen Mengen (=0,5 ml) aus diesen Suspensionen, die dann dem Magensaft zugegeben wurden, war darauf zu achten, daß durch dauerndes Schwenken die feinen Teilchen sich gut in Schwebe hielten, damit die gleiche Konzentration jeder Entnahme gewährleistet war.

Für jede Versuchsreihe (eine für den Zusatz von Krill, die andere Reihe für den Zusatz von Laktalbumin) wurde 0,5 ml Magensaft jeder Magensaftfraktion (I, II, 1-6) in die entsprechenden Reagenzgläser (2 Reihen mit jeweils 8 Gläsern) gefüllt.

2 x 2 Reagenzglässer mit jeweils 0,5 ml Aqua dest. wurden als 0-Werte hinzugefügt.

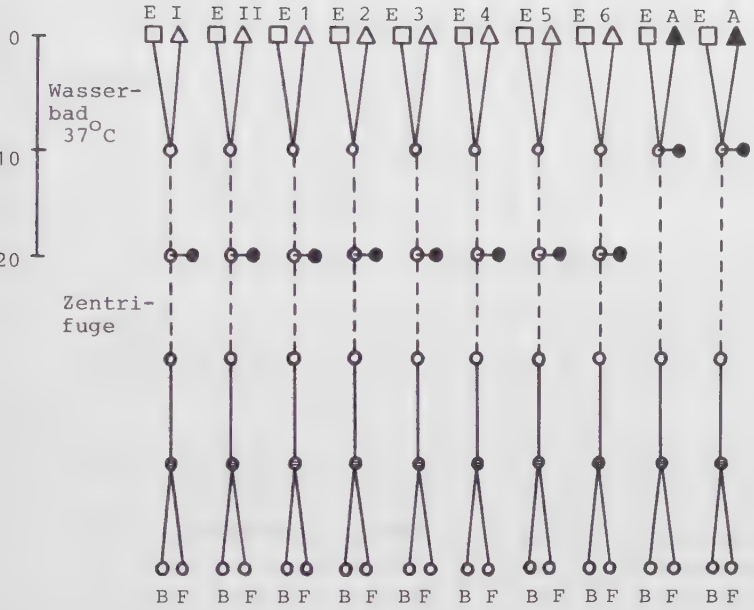
Der so in die Reagenzgläser aufgeteilte Magensaft und die Suspensionen ausKrill und aus Laktalbumin wurden 10 min bei 37°C im Wasserbad erwärmt.

Nach 10 min wurde jeder Magensaftfraktion 0,5 ml Suspension zugefügt: der einen Reihe 0,5 ml Krillsuspension, der zweiten Reihe 0,5 ml Laktalbuminsuspension.
Ebenso den Ansätzen mit Aqua dest., die danach jedoch gleich mit 4 ml 96 % Äthylalkohol versetzt wurden. Diese Proben ergaben die 0-Werte der Untersuchung.

Magensaft und Suspension in den Ansätzen wurden durch Schütteln gut vermengt und weitere 10 min im Wasserbad bei 37°C in Wärme gehalten.
Danach wurden sie mit jeweils 4 ml 96 % Äthylalkohol versetzt und gut durchschüttelt, wobei die in 10 min abgespaltenen, alkohollöslichen Peptide und Aminosäuren in Lösung gingen.

Sämtliche Ansätze wurden nun 5 min zentrifugiert.

Mit dem alkoholischen Überstand, in dem sich die alkohollöslichen Bestandteile befanden, wurde nun die Biuret- und Folinreaktion durchgeführt.



□ = 0,5 ml einer Eiweißsuspension (z.B.Krill bzw.Laktalb.)

△ = 0,5 ml einer Magensaftfraktion (s.S. 15)

▲ = 0,5 ml Aqua dest.

● = 4,0 ml 96%iger Äthylalkohol

ⓔ = alkoholischer Überstand

B = 1,5 ml alkoholischer Überstand für die Biuretreaktion

F = 1,5 ml alkoholischer Überstand für die Folinreaktion

Schema nach Kitschenberg (17)

Für die Biuretreaktion nach Weichselbaum wurde

1,5 ml alkoholischer Überstand
mit 5,0 ml Biuretreagenz: Mischung aus 20 Teilen Stammlösung : 80 Teilen Verdünnungslösung
versetzt.
Nach 30 min wurde bei 546 nm die Extinktion mit dem Photometer bestimmt.

Der Leerwert wurde mit 1,5 ml 96 % Äthylalkohol und 5,0 ml Biuret-Reagenz (s.o.) angesetzt.

Bei der Folin-Ciocalteau-Reaktion wurden

0,3 ml alkoholischer Überstand,
0,3 ml Aqua dest.,
3,0 ml Folin III: bestehend aus 50 ml Folin I und 1 ml Folin II)
vermengt und nach 10 Minuten
0,3 ml Folin C (1 ml Folin-Ciocalteau und 2 ml Aqua dest.)
zugesetzt.
Nach 30 min wurde bei 492 nm die Extinktion gemessen.
Der Leerwert wurde aus
0,6 ml Aqua dest.,
3,0 ml Folin III,
0,3 ml Folin C bereitet.

Materialien:

Biuret-Stammlösung:

45 gr. Na-Tartrat in 0,2 n NaOH lösen,
15 gr. Kupfersulfat beigeben und mit 0,2 n NaOH auf 1000 ml auffüllen.

Biuret-Verdünnungslösung (Alkali-Jodid-Lösung):

8 gr Na-Hydroxyd in Aqua dest. lösen,
5 gr. Kalium-Jodid zufügen und mit Aqua dest. auf 1000 ml auffüllen.

Folin I:
12,85 gr.Na-Carbonat-10-hydrat in 1000 ml 0,1 n NaOH.

Folin II:
10 gr. Na-Tartrat in 1000 ml Aqua dest. lösen,
5 gr. Kupfersulfat zugeben.

Folin III:
50 ml Folin I wird mit 1 ml Folin II versetzt.

Folin C:
Folin-Ciocalteau war als fertiges Reagenz verfügbar.
1 ml Folin-Ciocalteau wurde mit 2 ml Aqua dest. versetzt
= Folin C.

B) Art der Auswertung

Aus den Extinktionsmeßwerten, die proportional der gebildeten Spaltproduktmenge sind, einer jeden Magensaftfraktion (I,II, 1-6) der zwei Versuchsreihen (Ansatz mit Laktalbumin bzw. Krill) wurde der arithmetische Mittelwert bestimmt.

Aus den Mittelwerten der Extinktionen ergaben sich Kurve A und B, wobei Kurve A die Spaltproduktbildung kleinmolekularer alkohollöslicher Peptide (Tri- bis Hexapeptide) aus Krill bzw. Laktalbumin wiederspiegelt, die mit der Biuretmethode erfaßt wird, und Kurve B die Menge der aus Krill bzw. Laktalbumin abgespaltenen aromatischen Aminosäuren (Tyrosin, Phenylalanin, Histidin und Trytophan) graphisch zur Darstellung bringt, die mit der Folin-Ciocalteaumethode nachgewiesen werden.

Anhand dieser Kurven lassen sich die aus Krill und Laktalbumin freigesetzten Spaltproduktmengen miteinander vergleichen.

Zusätzlich wurden die mittleren Extinktionswerte der Versuchsgruppe, die zum Zeitpunkt der Pentagastrinstimulation (nach Fraktion II) Antacidum-Tyrosin intragastral erhalten hatte, gesondert berechnet von der Gruppe, die Magensaft ohne diesen Zusatz geliefert hatte.

Die Kurven C und D bringen die Spaltproduktbildung dieser zwei Versuchsgruppen gesondert zum Ausdruck, und zwar Kurve C für die biuret-positiven, Kurve D für die folin-positiven Spaltprodukte.

V. ERGEBNISSE

A) Tabellen der ermittelten Extinktionswerte

Zeichenerklärung:

Die mit "x" gekennzeichneten Versuchsansätze wurden mit denjenigen Magensaftproben durchgeführt, die nach Fraktion II den Zusatz von Antacidum-Tyrosin erhielten (s. S.15).

L = Laktalbumin

K = Krill

I, II, 1,2,3,4 = Bezeichnung der Magensaftfraktion (s. S.15)

Σ EW = Summe der Einzelwerte

$\bar{x}$ EW = arithmetischer Mittelwert der Einzelwerte

Tabelle I: Extinktionsmeßwerte der Biuret-positiven Spaltprodukte im Versuchsansatz von Magensaft und Laktalbumin

		L_I	L_{II}	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
x	A.M.	0,015	0,022	0,022	0,028	0,031	0,028	0,035	0,041
	J.L.	0,014	0,022	0,015	0,014	0,010	0,008	0,008	0,013
	H.V.	0,004	0,013	0,007	0,010	0,009	0,028	0,028	-
x	W.M.	0,017	0,010	0,024	0,000	0,025	0,026	0,051	0,057
x	R.F.	0,020	0,026	0,040	0,041	0,038	0,045	-	-
x	G.M.	0,009	0,012	0,013	0,024	0,025	0,008	-	0,010
x	A.S.	0,004	-	0,009	0,020	0,021	0,018	0,025	0,021
x	K.S.	0,015	0,020	0,020	0,017	0,025	0,026	0,024	0,032
x	G.B.	0,018	0,024	0,030	0,028	0,033	0,046	-	-
	A.W.	0,013	0,020	0,023	0,015	0,013	0,022	0,023	0,020
x	E.L.	0,030	0,046	0,065	0,060	0,055	0,062	0,058	0,072
x	M.D.	0,011	0,016	0,036	0,044	0,040	0,051	0,056	0,056
x	S.K.	0,016	0,013	0,042	0,033	0,035	0,045	0,048	0,052
x	J.K.	0,018	0,011	0,018	0,026	0,024	0,025	0,027	0,025
x	L.H.	-	0,018	0,033	0,020	0,035	0,023	0,010	0,009
x	R.S.	0,004	-	0,009	0,044	0,037	0,053	0,065	0,072
	H.I.	0,011	0,020	0,026	0,025	0,018	0,022	0,019	0,021
	A.D.	0,016	0,020	0,013	0,018	0,030	0,028	0,031	0,021
	K.M.	0,019	0,031	0,021	0,024	0,014	0,018	0,021	0,020
	F.G.	0,012	0,006	-	0,014	0,014	0,025	0,020	0,026
	H.W.	0,006	0,005	0,003	0,006	0,009	0,008	0,015	0,010
	R.S.	0,010	0,012	0,056	0,033	0,016	0,021	-	0,040
x	J.Ö.	-	0,030	0,032	0,036	0,045	0,051	0,052	-
x	G.B.	0,004	0,006	-	-	0,027	0,028	0,034	0,037
x	H.W.	0,015	0,020	0,039	0,040	0,035	0,039	0,045	0,049
x	E.A.	0,002	0,002	0,004	0,021	0,011	0,009	0,016	0,017
	B.K.	0,000	-	0,010	0,030	0,016	0,021	0,014	0,021
Σ	EW	0,303	0,425	0,610	0,671	0,691	0,784	0,725	0,742
$\bar{x}$	EW	0,01212	0,0177	0,0244	0,0258	0,02559	0,02903	0,03152	0,03226

Tabelle II: Extinktionsmeßwerte der Biuret-positiven Spaltprodukte im Versuchsansatz von Magensaft und Krill

	K_I	K_{II}	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
x A.M.	0,014	0,020	0,021	0,028	0,030	0,030	0,034	0,041
J.L.	0,016	0,016	0,018	0,018	0,010	0,012	0,008	0,012
M.V.	0,006	0,004	0,010	0,013	0,012	0,012	0,028	-
x W.M.	0,012	0,016	0,024	0,014	0,026	0,031	0,051	0,061
x R.L.	0,027	0,027	0,034	0,040	0,043	0,043	-	-
x G.M.	0,007	0,016	0,015	0,029	0,016	0,007	-	0,008
x A.S.	0,004	-	0,009	0,022	0,024	0,021	0,019	0,023
x K.S.	0,018	0,026	0,021	0,019	0,025	0,024	0,026	0,031
x G.B.	0,020	0,026	0,034	0,035	0,034	0,046	-	-
A.W.	0,010	0,023	0,022	0,017	0,011	0,016	0,016	0,030
x E.L.	0,027	0,049	0,060	0,053	0,049	0,055	0,064	0,066
x M.D.	0,007	0,029	0,042	0,042	0,046	0,042	0,057	0,052
x S.K.	0,015	0,013	0,042	0,037	0,033	0,041	0,044	0,046
x J.K.	0,018	0,015	0,018	0,024	0,025	0,028	0,026	0,025
x L.H.	-	0,022	0,030	0,021	0,027	0,017	0,014	0,011
x R.S.	0,006	-	0,008	0,043	0,035	0,053	0,058	0,066
M.I.	0,011	0,018	0,027	0,024	0,019	0,017	0,019	0,023
A.D.	0,016	0,022	0,019	0,020	0,031	0,029	0,028	0,023
K.M.	0,019	0,034	0,023	0,026	-	0,021	0,023	0,026
F.G.	0,009	0,008	-	0,022	0,020	0,024	0,024	0,042
H.W.	0,005	0,005	0,006	0,006	0,008	0,010	0,013	0,014
R.S.	0,004	0,010	0,060	0,047	0,016	0,024	-	0,047
x J.Ö.	-	0,031	0,037	0,048	0,047	0,051	0,049	0,047
x G.B.	0,005	0,003	-	0,001	0,027	0,033	0,036	0,040
x H.W.	0,014	0,020	0,040	0,048	0,043	0,042	0,046	0,049
x E.A.	0,005	0,000	0,009	0,027	0,019	0,013	0,020	0,021
B.K.	0,004	-	0,014	0,029	0,019	0,025	0,019	0,020
Σ EW	0,299	0,453	0,643	0,753	0,695	0,767	0,722	0,824
$\bar{x}$ EW	0,01196	0,01887	0,02572	0,02789	0,02673	0,02841	0,03139	0,03433

Tabelle III: Extinktionsmeßwerte der Folin-positiven Spaltprodukte im Versuchsansatz von Magensaft und Laktalbumin

		L_I	L_{II}	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
x	A.M.	0,185	0,237	0,255	0,175	0,193	0,210	0,220	0,260
	J.L.	0,205	0,287	0,314	0,248	0,187	0,190	0,184	0,238
	H.V.	0,090	0,066	0,133	0,146	0,140	0,120	0,175	-
x	W.M.	0,305	0,263	0,305	0,271	0,280	0,295	0,385	0,420
x	R.L.	0,280	0,285	0,242	0,257	0,207	0,270	-	-
x	G.M.	0,112	0,200	0,255	0,345	0,250	0,195	-	0,185
x	A.S.	0,172	-	0,163	0,200	0,200	0,183	0,170	0,165
x	K.S.	0,250	0,297	0,300	0,240	0,218	0,210	0,215	0,275
x	G.B.	0,260	0,325	0,305	0,305	0,315	0,303	-	-
	A.W.	0,197	0,222	0,320	0,265	0,207	0,215	0,220	0,235
x	E.L.	0,380	0,520	0,465	0,420	0,375	0,340	0,330	0,330
x	M.D.	0,007	0,235	0,260	0,190	0,156	0,170	0,194	0,200
x	S.K.	0,210	0,185	0,295	0,270	0,200	0,212	0,216	0,200
x	J.K.	0,263	0,200	0,235	0,240	0,227	0,203	0,210	0,214
x	L.H.	-	0,298	0,310	0,290	0,285	0,285	0,278	0,266
x	R.S.	0,010	-	0,075	0,170	0,168	0,220	0,277	0,290
	M.I.	0,152	0,160	0,303	0,285	0,263	0,248	0,260	0,275
	A.D.	0,265	0,315	0,215	0,257	0,370	0,338	0,305	0,290
	K.M.	0,273	0,350	0,285	0,275	0,225	0,210	0,210	0,240
	F.G.	0,135	0,133	-	0,230	0,285	0,215	0,252	0,267
	H.W.	0,063	0,090	0,113	0,095	0,126	0,090	0,108	0,128
	R.S.	0,154	0,172	0,450	0,335	0,260	0,315	-	0,435
x	J.Ö.	0,210	0,240	0,340	0,315	0,340	0,321	0,315	-
x	G.B.	0,176	0,116	-	0,040	0,171	0,200	0,205	0,192
x	H.W.	0,210	0,272	0,233	0,220	0,160	0,150	0,164	0,179
x	E.A.	0,135	0,125	0,204	0,245	0,163	0,110	0,116	0,146
	B.K.	0,032	-	0,225	0,360	0,225	0,272	0,210	0,268
Σ	EW	4,731	5,593	6,600	6,689	6,196	6,090	5,219	5,698
$\bar{x}$	EW	0,1820	0,2330	0,2640	0,2477	0,2295	0,2255	0,2269	0,2477

Tabelle IV: Extinktionsmeßwerte der Folin-positiven Spaltprodukte im Versuchsansatz von Magensaft und Krill

		K_I	K_{II}	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
x	A.M.	0,100	0,208	0,196	0,150	0,144	0,178	0,196	0,246
	J.L.	0,198	0,245	0,285	0,253	0,190	0,184	0,185	0,220
	M.V.	0,087	0,070	0,145	0,187	0,142	0,150	0,201	-
x	W.M.	0,310	0,280	0,315	0,275	0,270	0,305	0,370	0,425
x	R.L.	0,255	0,292	0,255	0,243	0,260	0,277	-	-
x	G.M.	0,090	0,206	0,265	0,350	0,275	0,200	-	0,185
x	A.S.	0,180	-	0,158	0,210	0,195	0,181	0,174	0,174
x	K.S.	0,256	0,325	0,290	0,240	0,230	0,210	0,215	0,260
x	G.B.	0,253	0,350	0,355	0,300	0,313	0,300	-	-
	A.W.	0,174	0,277	0,274	0,220	0,190	0,220	0,225	0,230
x	E.L.	0,357	0,500	0,445	0,395	0,355	0,320	0,305	0,315
x	M.D.	0,004	0,230	0,192	0,195	0,170	0,178	0,200	0,205
x	S.K.	0,194	0,190	0,300	0,280	0,270	0,265	0,208	0,225
x	J.K.	0,265	0,205	0,225	0,220	0,215	0,200	0,215	0,205
x	L.H.	-	0,290	0,315	0,290	0,345	0,285	0,270	0,262
x	R.S.	0,037	-	0,080	0,175	0,190	0,235	0,280	0,290
	M.I.	0,170	0,170	0,295	0,295	0,265	0,270	0,275	0,280
	A.D.	0,275	0,305	0,228	0,260	0,377	0,340	0,325	0,315
	K.M.	0,166	0,222	0,182	0,175	0,150	0,142	0,155	0,260
	F.G.	0,150	0,110	-	0,227	0,218	0,230	0,229	0,258
	H.W.	0,066	0,062	0,115	0,124	0,123	0,103	0,134	0,123
	R.S.	0,177	0,163	0,490	0,355	0,250	0,325	-	0,455
x	J.Ö.	0,215	0,240	0,345	0,315	0,336	0,320	0,287	0,317
x	G.B.	0,142	0,220	-	0,110	0,182	0,187	0,200	0,190
x	H.W.	0,203	0,269	0,270	0,292	0,162	0,210	0,175	0,190
x	E.A.	0,185	0,135	0,228	0,247	0,160	0,125	0,127	0,153
	B.K.	0,050	-	0,245	0,312	0,251	0,260	0,210	0,264
Σ	EW	4,559	5,564	6,493	6,695	6,228	6,200	5,161	6,047
$\bar{x}$	EW	0,1753	0,2318	0,2597	0,2480	0,2307	0,2296	0,2243	0,2520

Zusammenstellung der Extinktionsmittelwerte der Gesamtgruppe

Biuret

K_I	0,01196	L_I	0,01212
K_{II}	0,01887	L_{II}	0,01770
K_1	0,02572	L_1	0,02444
K_2	0,02789	L_2	0,02580
K_3	0,02673	L_3	0,02559
K_4	0,02841	L_4	0,02903
K_5	0,03139	L_5	0,03152
K_6	0,03433	L_6	0,03226

Folin

K_I	0,1753	L_I	0,1820
K_{II}	0,2318	L_{II}	0,2330
K_1	0,2597	L_1	0,2640
K_2	0,2480	L_2	0,2477
K_3	0,2307	L_3	0,2295
K_4	0,2296	L_4	0,2255
K_5	0,2243	L_5	0,2269
K_6	0,2520	L_6	0,2477

Extinktionsmittelwerte der Gruppe mit Magensaft mit Antacidum-Tyrosin-Zusatz

Biuret

K_I	0,0133	L_I	0,0132
K_{II}	0,0209	L_{II}	0,0184
K_1	0,0277	L_1	0,0273
K_2	0,0312	L_2	0,0301
K_3	0,0323	L_3	0,0319
K_4	0,0339	L_4	0,0343
K_5	0,0388	L_5	0,0390
K_6	0,0391	L_6	0,0393

Folin

K_I	0,1904	L_I	0,1978
K_{II}	0,2627	L_{II}	0,2532
K_1	0,2646	L_1	0,2651
K_2	0,2522	L_2	0,2466
K_3	0,2395	L_3	0,2299
K_4	0,2339	L_4	0,2281
K_5	0,2301	L_5	0,2354
K_6	0,2428	L_6	0,2373

Extinktionsmittelwerte der Gruppe mit Magensaft ohne Antacidum-Tyrosin-Zusatz

Biuret

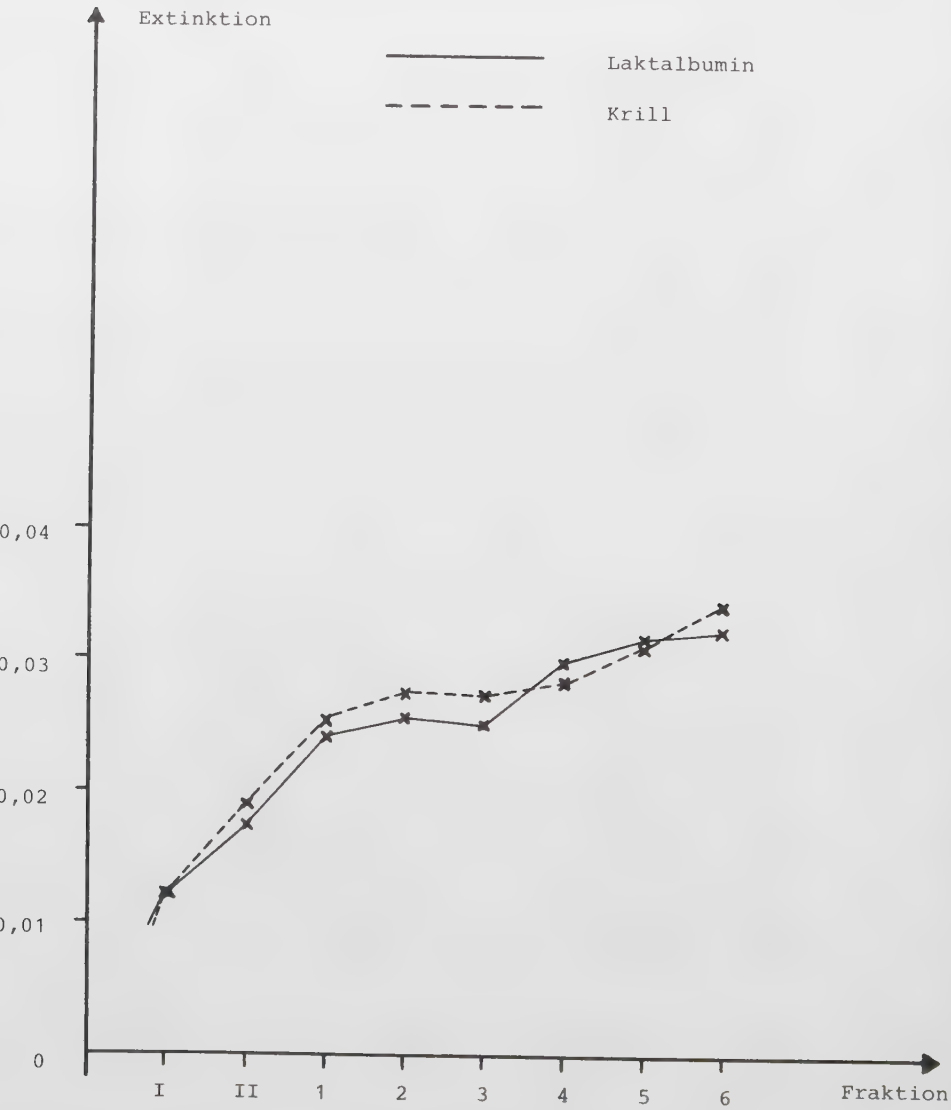
K_I	0,0100	L_I	0,0105
K_{II}	0,0156	L_{II}	0,0166
K_1	0,0221	L_1	0,0193
K_2	0,0222	L_2	0,0189
K_3	0,0162	L_3	0,0149
K_4	0,0190	L_4	0,0201
K_5	0,0198	L_5	0,0199
K_6	0,0263	L_6	0,0213

Folin

K_I	0,1513	L_I	0,1566
K_{II}	0,1804	L_{II}	0,1994
K_1	0,2510	L_1	0,2620
K_2	0,2408	L_2	0,2496
K_3	0,2156	L_3	0,2288
K_4	0,2224	L_4	0,2213
K_5	0,2154	L_5	0,2137
K_6	0,2672	L_6	0,2640

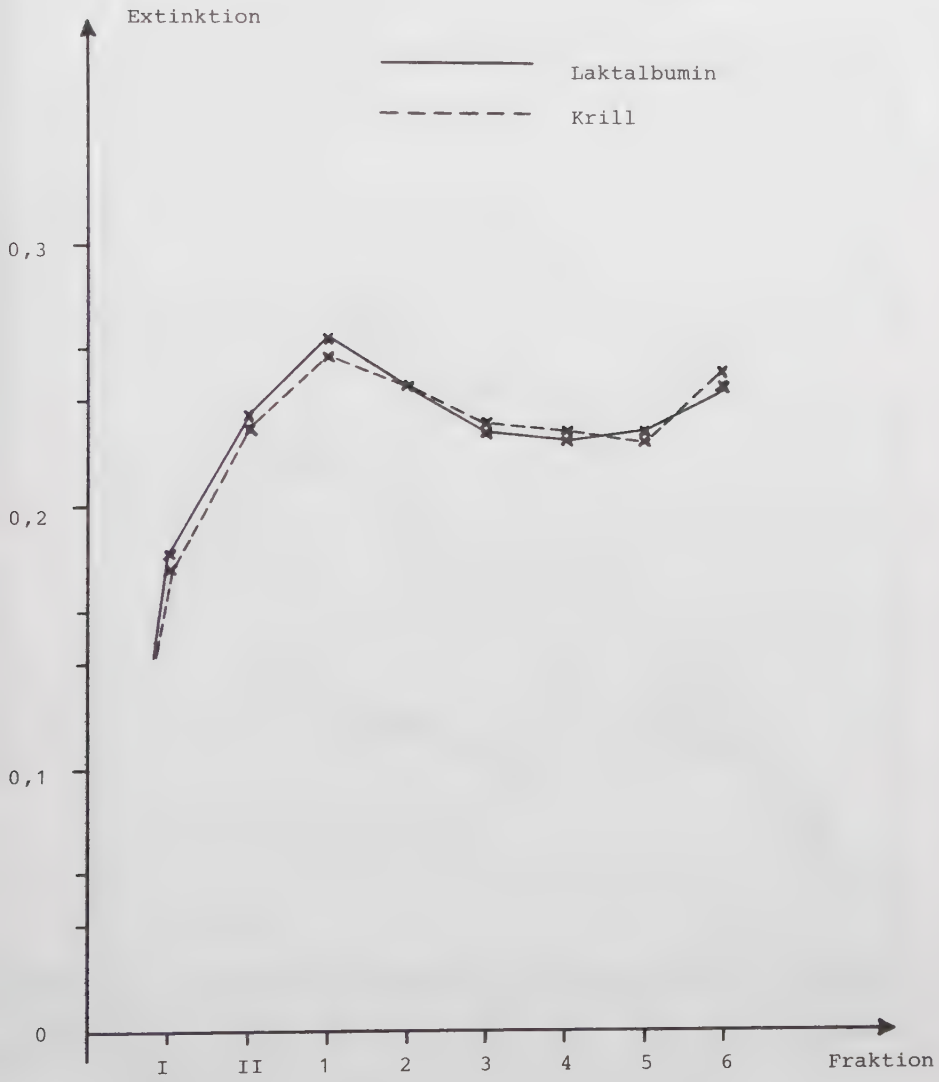
Kurve A

Graphische Darstellung der Extinktionsmittelwerte biuret-positiver Spaltprodukte der Gesamtgruppe



Kurve B

Graphische Darstellung der Extinktionsmittelwerte folin-positiver Spaltprodukte der Gesamtgruppe



Kurve C

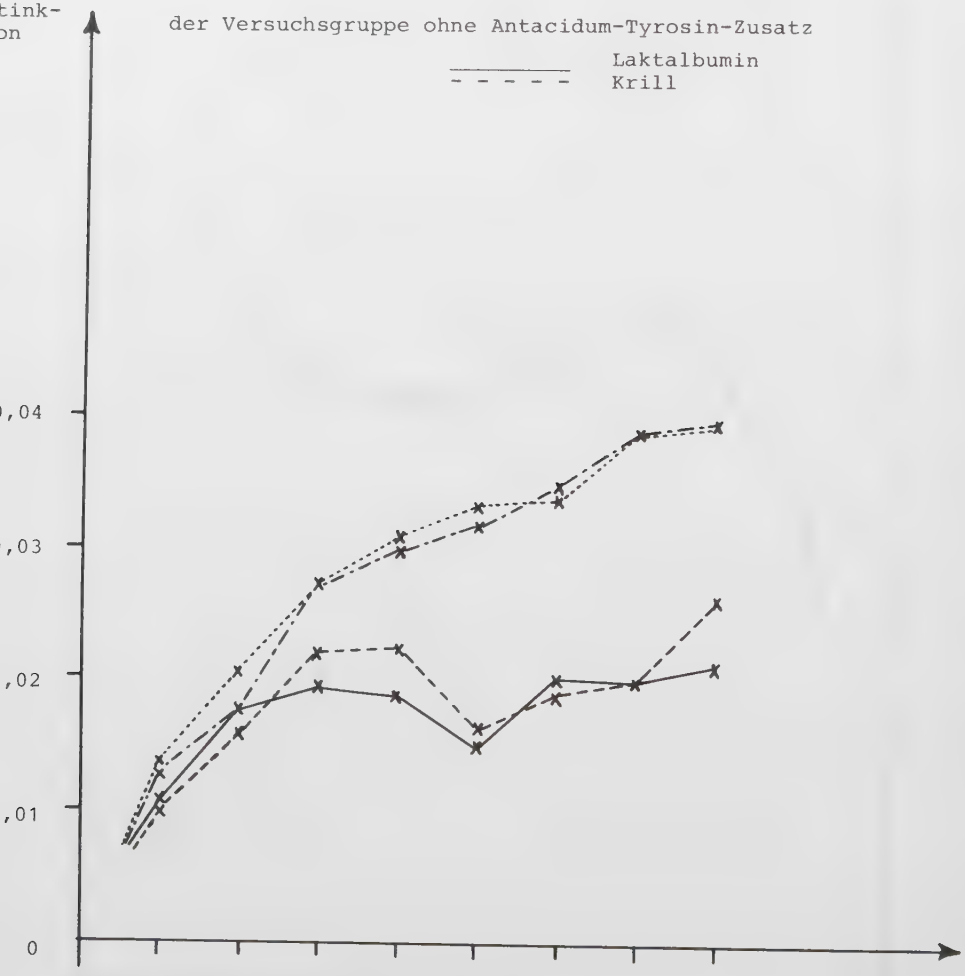
Graphische Darstellung der Extinktionsmittelwerte biuret-positiver Spaltprodukte

der Versuchsgruppe mit Antacidum-Tyrosin-Zusatz

-·-·-·-·-· Laktalbumin
····· Krill

der Versuchsgruppe ohne Antacidum-Tyrosin-Zusatz

_____ Laktalbumin
- - - - - Krill



3,1	3,1	3,4	3,0	2,0	2,1	2,1	2,4:	mittl.pH-Wert des Ansatzes mit Antac.Tyr.Zusa
5,3	5,4	3,0	2,0	1,7	1,6	1,6	1,6:	ohne " " "

Kurve D

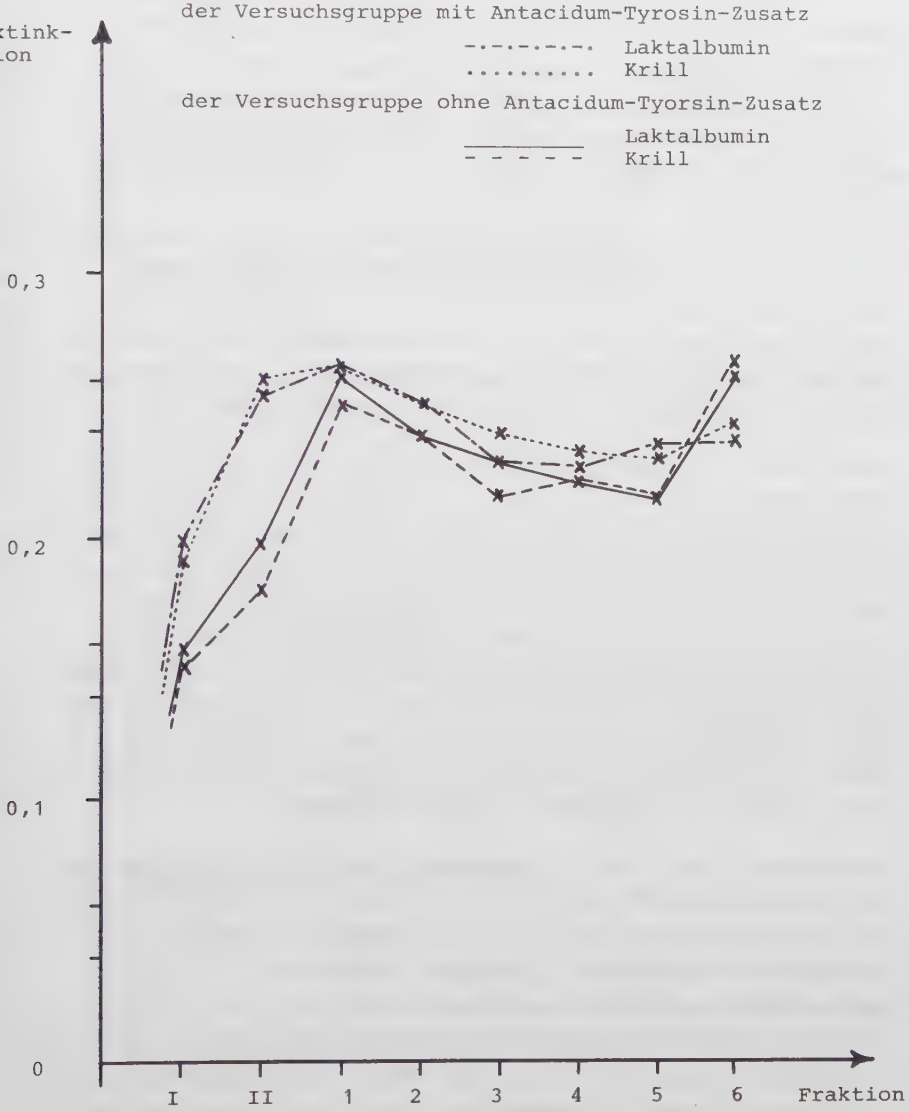
Graphische Darstellung der Extinktionsmittelwerte folin - positiver Spaltprodukte

der Versuchsgruppe mit Antacidum-Tyrosin-Zusatz

-.-.-.-.-. Laktalbumin
..... Krill

der Versuchsgruppe ohne Antacidum-Tyorsin-Zusatz

_____ Laktalbumin
- - - - - Krill



B) Beschreibung der Kurven

Beschreibung der Kurve A (Biuretmittelwerte der Gesamtgruppe):

Aus der Abbildung geht hervor: Die mit dem oben beschriebenen Verfahren gewonnenen Spaltproduktmengen, die mit der Biuretreaktion gemessen wurden, zeigen für Laktalbumin und Krill bei Verwendung vergleichbarer Eiweißmengen keine wesentlichen Unterschiede.
Beginnend mit dem Nüchternsekret ist bis zur letzten Magensaftfraktion ein Anstieg der alkohollöslichen kleinmolekularen Peptide festzustellen.
Die Pentagastrinstimulation, welche zwischen II und 1 erfolgte, bewirkt eine Anhebung der Spaltproduktbildung, welche sich im weiteren Verlauf zwar langsamer, aber stetig fortsetzt.

Beschreibung der Kurve B (Folin-Ciocalteau-Mittelwerte der Gesamtgruppe):

Die Abbildung zeigt: Die Menge an Spaltprodukten, die mit dem Folin-Ciocalteau-Verfahren nachgewiesen wird, zeigt für Laktalbumin und Krill ebenfalls keine wesentlichen Unterschiede.
Der Kurvenverlauf unterscheidet sich insofern von dem in Kurve A, als dem Anstieg der Spaltproduktmenge in den beiden Nüchternsekretfraktionen (I, II) und nach der Pentagastrinstimulation in Magensaftfraktion 1 ein Abfall folgt, der sich bis zur Fraktion 5 fortsetzt. Dann jedoch in Fraktion 6 ist ein deutlicher Anstieg der Spaltproduktmenge zu bemerken.

Beschreibung der Kurve C (Gruppenmittelwerte der Biuretreaktion in gesonderter Darstellung für die Gruppe, deren Magensaft unter Zusatz von Antacidum-Tyrosin gewonnen wurde, und für die andere Gruppe, die reinen Magensaft lieferte):

Aus der Abbildung ist ersichtlich:

1. Der kontinuierliche steile Anstieg der Biuret-Spaltproduktmengen, gelöst im alkoholischen Überstand, findet sich nur in den Ansätzen mit Magensäften, welche nach Gabe von Fe-Mg-Silikat und Tyrosin in den Magen gewonnen wurden, dagegen nicht in den Proben, in denen reinem Magensaft Krill- bzw.

Laktalbumin zugesetzt wurde.

2. Die Differenz der Spaltproduktmengen beider Gruppen wird nach Pentagastrinstimulierung und Gabe des Tyrosin-Antacidums in dem Magen besonders deutlich: während aus dem Ansatz mit reinem Magensaft und Zugabe von Krill bzw. Laktalbumin zunächst, insbesondere in Fraktion 2 und 3, verminderte Spaltproduktmengen zu erhalten sind, ergeben die entsprechenden Magensaftfraktionen mit Antacidum-Tyrosin-Zusatz stetig steigende Mengen an Spaltprodukt. Es erreicht die Spaltproduktmenge in der letzten Fraktion 6 die fast doppelte Konzentration gegenüber den Ansätzen ohne Antacidum-Tyrosin-Beigabe.

Beschreibung der Kurve D (Darstellung der Gruppenmittelwerte der Folin-Ciocalteau-Reaktion, getrennt nach Ansätzen wie in Abb. C):

Die Abbildung stellt dar:

1. Der Hauptunterschied der Spaltproduktkonzentration beider Versuchsgruppen ist in den Nüchternsekretproben festzustellen, der jedoch nicht durch den Tyrosinzusatz ausgelöst ist, der erst zwischen Fraktion II und 1 gegeben wurde.
2. Nach Pentagastrinstimulation verhalten sich die Spaltproduktmengen der Proben mit und ohne Antacidum-Tyrosin-Zusatz vergleichbar, d.h. es erfolgt hier kein Auseinanderweichen der Durchschnittskonzentrationen im Alkoholextrakt, wie es bei Vergleich der Biuretmeßwerte festzustellen war.

C) Zusammenfassung des Ergebnisses

1. Laktalbumin und Krill erweisen sich hinsichtlich ihrer Spaltproduktbildung alkohollöslicher, kleinmolekularer Peptide und aromatischer Aminosäuren bei Proteolyse in vitro durch menschlichen Magensaft als gut vergleichbar (vgl. Kurve A und B).
2. Ein Optimum der Spaltproduktbildung ist für kleinmolekulare Peptide und aromatische Aminosäuren nach Pentagastrinstimulation in Fraktion 1 und in Fraktion 6 zu finden, während

ein Tiefpunkt jeweils in Fraktion 3 erreicht wird (vgl. Kurve C und D, Kurve der Gruppe ohne Antacidum-Tyrosin-Zusatz).

3. Die Gabe des Antacidum-Tyrosins in den Magen bei gleichzeitiger Pentagastrinstimulation (subcutan) erhöht eindeutig die Bildung kleinmolekularer Peptide. Krill und Laktalbumin verhalten sich diesbezüglich sowohl in qualitativer als auch quantitativer Hinsicht gleich.
   Dieser Effekt läßt sich jedoch nicht bei den folin-positiven aromatischen Aminosäuren feststellen (vgl. Kurve C und D, Kurve der Gruppe mit Antacidum-Tyrosin-Zusatz).

4. Das mit dem Antacidum dazugegebene Tyrosin, das zum Zeitpunkt der Pentagastrinstimulation in den Magen gegeben wurde, war in den danach ausgeheberten Magensaftfraktionen, wenn überhaupt, dann nur noch in geringer Menge enthalten. Dies zeigt Kurve D der Gruppe mit Antacidum-Tyrosin-Zusatz, die nur gering im Vergleich zu der Gruppe ohne diesen Zusatz nach oben verschoben ist, wie dies das folin-positive Tyrosin hätte bewirken müssen.

VI. DISKUSSION

A) Diskussion der Methode

Die durch Einwirkung von menschlichem Magensaft entstandenen alkohollöslichen Spaltprodukte aus Krill und Laktalbumin wurden mit der Biuret- und Folin-Ciocalteau-Methode nachgewiesen: und zwar erfaßt die Biuretreaktion kleinmolekulare Peptide (Tri- bis Hexapeptide) und die Folinreaktion aromatische Aminosäuren (Tyrosin und Phenylalanin, Histidin und Tryptophan).

Andersartige Spaltproduktbildungen gingen also nicht mit in den Vergleich ein.

Es ergaben sich Möglichkeiten der Verfälschung des Ergebnisses aus folgendem: Das Ausgangsmaterial, d.h. die Magensaftproben, war nicht einheitlich. Es wurden neben den Proben, die aus reinem Magensaft bestanden, auch solche verwendet, denen ein Antacidum, und zwar Fe-Mg-Silikat im Gemisch mit Tyrosin, zugesetzt worden war. Das Antacidum-Tyrosin wurde zum Zeitpunkt der Pentagastrinstimulation in den Magen gegeben (nach Fraktion II). Das Fe-Mg-Silikat hat in der verwendeten Menge eine nur geringe direkt säurepuffernde Wirkung; es wurde dem Tyrosin beigegeben, um dieses in den amphoteren Zustand zu versetzen, in dem es von der Magenschleimhaut aufgenommen wird und, zu Noradrenalin verwandelt, die sympathische Gegenregulation zur Säuresekretion (vagus) in Gang bringt (23).

a) Durch die Wirkung des von der Magenschleimhaut aufgenommenen Tyrosins war v.a. mit einer Verminderung der Säure- und wahrscheinlich auch der Enzymsekretion des Magensaftes zu rechnen. Die säurepuffernde Wirkung des Antacidums (Fe-Mg-Silikat) kann vernachlässigt werden, da es nur in geringer Menge zugesetzt wurde und dann in der ersten Magensaftfraktion (1) danach mit ausgehebert worden sein muß, während die Wirkung des Tyrosins nach Aufnahme in die Magenschleimhaut und Umwandlung zu Noradrenalin eine länger dauernde Wirkung entfaltet, die wesentlich zu berücksichtigen ist.

b) Es war die Möglichkeit in Betracht zu ziehen, daß Fe II-

und/oder Mg-Ionen aus dem Antacidum gelöst werden und eine Farbvertiefung der Biuretreaktion und damit Anstieg der Extinktionswerte herbeiführen könnten, wie dies 2-wertige Salze in gelöster Form bewirken. Aus Kurve C ist jedoch zu entnehmen, daß ein solcher Anstieg der Extinktionswerte im Vergleich zu den Werten der reinen Magensäfte in Fraktion 1, in der das Antacidum in seiner höchsten Konzentration im Magensaft enthalten sein müßte, nicht vorhanden ist. Diese Feststellung entspricht und untermauert die Tatsache, daß das Fe-Mg-Silikat schwerlöslich ist und sich daraus keine freien Fe- bzw. Mg-Ionen bilden (27).

c) Das mit dem Antacidum dazugegebene Tyrosin hätte, da es als aromatische Aminosäure Folin-positiv reagiert, die entsprechenden Extinktionswerte anheben können. Dies war nicht der Fall (Kurve D), es wurde anscheinend nicht mehr mit dem Magensaft ausgehebert und schon vorher von der Magenschleimhaut resorbiert.

Zur Auswertung der Ergebnisse ist folgendes zu bemerken:

Im Vordergrund der Arbeit stand der Vergleich der quantitativen Spaltproduktbildung von Krill und Laktalbumin. Es wurden daher die Mittelwerte der jeweiligen Extinktionsmessungen, die sich proportional zu der Spaltproduktmenge verhalten, von Krill und Laktalbumin gebildet und miteinander verglichen.

Vergleicht man jedoch die Spaltproduktbildung der jeweiligen Einzeluntersuchungen quantitativ miteinander, ergeben sich große Unterschiede, die auf der unterschiedlichen Qualität der Magensäfte beruhen, die nachträglich nicht zu erfassen sind: wie verschiedener Salzsäure- und/oder Enzymgehalt und daraus folgender unterschiedlicher proteolytischer Aktivität. Dies erlaubt keine statistische Auswertung des Zahlenmaterials.

Der Vergleich jedoch der Spaltproduktbildung aus Krill mit der des Laktalbumins ergibt gerade auch in den Einzeluntersuchungen[+)] die Übereinstimmung mit dem Ergebnis, das sich aus dem Ver-

---

+) Die Kurven der Einzeluntersuchungen sind dieser Arbeit nicht gesondert beigefügt.

gleich der Durchschnittswerte ergibt: daß Krill dem Laktalbumin in seiner Spaltproduktbildung gleichzusetzen ist.

B) Diskussion der Ergebnisse

Ad 1.: Die grundsätzliche Frage dieser Arbeit bezieht sich darauf, ob aus vergleichbaren Mengen Laktalbumin und Krill durch Andauung mit menschlichem Magensaft quantitativ gleich viele Spaltprodukte gebildet werden, und zwar sowohl kleinmolekulare alkohollösliche Peptide als auch aromatische Aminosäuren. Auf die wesentliche Bedeutung dieser Spaltproduktbildung im Magen und ihre Rückwirkung auf den gesamten Verdauungsvorgang sowohl im Magen selbst als auch im Darm einschließlich der Pankreas- und Gallenblasenfunktion wurde schon im allgemeinen Teil hingewiesen: so daß in der durch Magensaftandauung entstehenden Menge an Spaltprodukten ein Kriterium gegeben wäre, woraus auf die Leichte- bzw. Schwere der Verdaulichkeit eines Nahrungsmittels zu schließen ist.

Der Vergleich der gebildeten Spaltproduktmengen ergibt nun, daß

a) aus Krill ebenso viele Spaltprodukte gebildet werden wie aus Laktalbumin. Dies gilt sowohl für kleinmolekulare Peptide als auch für aromatische Aminosäuren (vgl. Kurve A und B).
b) Der Kurvenverlauf, der sich aus der unterschiedlichen Spaltproduktmenge in den jeweiligen Magensaftfraktionen ergibt, was auf dem unterschiedlichen Gehalt von Salzsäure und Enzymen vor und im Verlauf nach Pentagastrinstimulation beruht, ist für Krill und Laktalbumin nahezu identisch. Dies gilt für kleinmolekulare Peptide ebenso wie für die aromatischen Aminosäuren (vgl. Kurve C und D, Gruppe der Magensäfte ohne Antacidum-Tyrosin-Zusatz).
c) Die Spaltproduktbildung aus Krill folgt der des Laktalbumins in gleicher Weise, wenn dem Magensaft Antacidum-Tyrosin zugesetzt und dadurch eine Erhöhung der Spaltproduktbildung kleinmolekularer Peptide bewirkt würde, die Bildung aromati-

scher Aminosäuren dagegen nicht erhöht war (vgl. Kurve C u.D).

Aus all dem ist der Schluß zu ziehen, daß die Verdaulichkeit durch Magensaft von Krill der des Laktalbumins entspricht und auch den gleichen Bedingungen unterliegt, unter denen die Verdaulichkeit von Milcheiweiß besonders günstig ist.

Ad 2.: Betrachtet man den Kurvenverlauf der Versuchsgruppe, in der reinem Magensaft Krill bzw. Laktalbumin zugesetzt wurde (Kurve C und D), so fällt auf, daß einem Anstieg der Spaltproduktbildung kleinmolekularer Peptide und aromatischer Aminosäuren in Fraktion I, II und nach Pentagastrinstimulation in Fraktion 1 ein stetiger Abfall folgt, während nach Fraktion 5 ein erneuter kräftiger Anstieg zu verzeichnen ist.

Demgegenüber wäre eigentlich nach der Pentagastrinstimulation, die Salzsäure- und Enzymsekretion der Magenschleimhaut maximal steigert, ein kontinuierlicher Anstieg der Spaltproduktbildung zu erwarten gewesen. Dieses zeigt auch die Arbeit von Kitschenberg (17), der in den Ergebnissen seiner Untersuchung bei zunehmender Säurekonzentration nach Pentagastrinstimulation einen kontinuierlichen Anstieg der Spaltproduktbildung zu verzeichnen hatte, wobei er die Spaltproduktbildung aus Tissan-Protein, Na-Caseinat, Fischeiweiß und Frischfisch untersuchte.

Eine Erklärung hierfür könnte die Tatsache sein, daß die optimale Spaltbarkeit in Bezug auf den Säurebereich und die in diesem aktivierten Enzyme (Kathepsin/Pepsin) für jedes Substrat jeweils spezifisch ist. Milcheiweiß wird nun bei relativ hohem pH und vor allem durch die Wirksamkeit des Kathepsins optimal gespalten. (5)
Nach Pentagastrinstimulation steigt nun die Säuresekretion[+)] stark an: eine pH-Erniedrigung ist v.a. ab Fraktion 2 und 3 bemerkbar; dem entspricht ab Fraktion 2 eine geringere Spaltproduktbildung (vgl. Kurve C, Gruppe ohne Antacidum-Tyrosin-Zusatz). Der stetige Wiederanstieg der Spaltproduktbildung in Fraktion 4, 5 und 6 läßt sich dagegen nicht vom pH-Wert her erklären, weil dieser nämlich in selbigen Fraktionen erst seinen tiefsten Wert (im Mittel pH = 1,6) erreicht, und zwar diesen

+) Siehe pH-Mittelwerte der jeweiligen Magensaftfraktionen, eingetragen unter Kurve C

Wert konstant hält in allen 3 Fraktionen, während die gebildete Spaltproduktmenge in jeder Fraktion jeweils einen Anstieg erfährt. Es müssen also noch andere Faktoren in der Zusammensetzung des Magensaftes wirksam sein, die die Spaltproduktbildung begünstigen, die jedoch nicht mehr im Nachhinein erfaßt werden können.
Doch kann allgemein festgestellt werden, daß Krill seine optimale Spaltproduktbildung in denselben Magensaftfraktionen aufweist wie das Laktalbumin, also die gleiche qualitative Zusammensetzung des Magensaftes für die Proteolyse bevorzugt wie das Laktalbumin.

Ad 3.: Die durch die Biuretreaktion nachgewiesenen alkohollöslichen kleinmolekularen Peptide sind dagegen in kontinuierlich ansteigender Konzentration in den Magensäften zu finden, die den Tyrosin-Antacidum-Zusatz zusammen mit der Pentagastrinstimulation erhalten haben (Kurve C). Die Möglichkeit, daß aus dem Fe-Mg-Silikat-Antacidum herausgelöste Eisenionen die Farbvertiefung der Biuretreaktion bewirkt hätten, scheidet aus, weil dies die Kurve parallel zu den Vergleichswerten ohne Fe-Zusatz hätte verschieben müssen oder zumindest in Fraktion 1 (erste Fraktion nach Fe-Zusatz und Pentagastrinstimulation) ein Maximum haben müßte, weil in diesem Magensaft das Antacidum noch am konzentriertesten gewesen wäre. Diesem widerspricht der Kurvenverlauf.

Es ist daraus zu schließen, daß der nach Antacidum-Tyrosin-Zusatz gewonnene Magensaft die Abspaltung kleinmolekularer Peptide deutlich begünstigt. Dieser Effekt betrifft jedoch nicht die Abspaltung aromatischer Aminosäuren, wie der Kurve D zu entnehmen ist.
Der Zusatz des Antacidum-Tyrosin bzw. die Aufnahme des Tyrosins in die Magenschleimhaut und seine Umwandlung zu Noradrenalin vermindert die Säureproduktion des Magens: Dies läßt sich an den mittleren pH-Werten der einzelnen Magensaftfraktionen erkennen, die für die Gruppe mit Antacidum-Tyrosin-Zusatz höher liegen als die pH-Werte der Gruppe ohne diesen Zusatz. Dies unterstützt zu einem Teil die Annahme, daß eine geringere Säure-

konzentration im Ansatz die Spaltproduktbildung aus Krill und Laktalbumin begünstigt. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß noch andere Faktoren in der Zusammensetzung des Magensaftes, der unter Tyrosinwirkung gebildet wurde, die Spaltproduktbildung beeinflussen, die jedoch für einen Nachweis im einzelnen nicht zugänglich sind.
So kann nur festgestellt werden, daß durch Gabe von Antacidum-Tyrosin in den Magen anscheinend ein Magensaft gebildet wurde, der eine hohe Spaltproduktbildung kleinmolekularer Peptide bewirkt. Krill verhält sich in seiner Verdaulichkeit diesbezüglich dem Laktalbumin vollständig vergleichbar.

Ad 4.: Des weiteren läßt sich feststellen, daß das mit dem Antacidum zugeführte Tyrosin in dem danach ausgeheberten Magensaft auch wirklich nicht mehr enthalten war (Kurve D). Dieses künstlich zugeführte Tyrosin hätte nämlich die Folin-positiven Extinktionswerte anheben müssen, insbesondere in Fraktion 1, die als erste Magensaftprobe nach Gabe des Antacidum-Tyrosins dieses noch in höchster Konzentration hätte beinhalten müssen. Gerade in Fraktion 1 ist jedoch im Vergleich zu der Kurve ohne Antacidum-Tyrosin-Zusatz kein wesentlicher Unterschied der jeweiligen Extinktionswerte zu beobachten (vgl. Kurve D). Auch im weiteren Verlauf sind die Extinktionswerte der Gruppe mit Antacidum-Tyrosin-Zusatz nur gering erhöht, so daß daraus geschlossen werden kann, daß der größte Teil des zugegebenen Tyrosins von der Magenschleimhaut aufgenommen worden ist.

Bei Betrachtung der Kurve D fällt der relativ große Unterschied der Extinktionsmeßwerte in Fraktion I und II auf, wenn man die beiden Gruppen mit und ohne Antacidum-Tyrosin-Zusatz vergleicht. Diese Differenz gleicht sich ab Fraktion 1, d.h. nach Pentagastrinstimulation, im wesentlichen aus. Da die Kurven der Krill- und Laktalbuminansätze jeweils nah beieinanderliegen, ist eine Meßungenauigkeit auszuschließen. Vielmehr ist daran zu denken, daß die Proteolyse während der Basalsekretion bei den einzelnen Versuchspersonen einer großen Streubreite unterliegt, die sich nach Pentagastrinstimulation, d.h. maximaler Säure- und Enzymsekretion, aufhebt (35).

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Spaltproduktbildung aus Krill unter Einwirkung von menschlichem Magensaft der des Laktalbumins gleichkommt. Seine optimalen Bedingungen der Verdaulichkeit findet Krill in denselben Magensaftfraktionen wie das Laktalbumin, d.h. die qualitative Zusammensetzung des Magensaftes, wie sie sich im Verlauf nach Pentagastrinstimulation in unterschiedlicher Weise ergibt, bewirkt eine Änderung der gebildeten Spaltproduktmenge für Krill und Laktalbumin in gleicher Weise.

Die Modifizierung der Magensekretion durch Gabe des Antacidum-Tyrosin in den Magen ergibt für die Ansätze aus diesen Magensäften einen Spaltproduktanstieg kleinmolekularer Peptide für Krill und Laktalbumin gleichermaßen, der sich mengenmäßig ebenfalls als vergleichbar erweist. Offenbleiben muß die Frage, welchen qualitativen Faktoren in diesen Magensäften die Verbesserung der Spaltproduktbildung zuzuschreiben ist.

C) Bedeutung für die praktische Anwendung

In dieser Arbeit wurde versucht, die Spaltproduktbildung von Krill nach Einwirkung von menschlichem, enzymaktiven Magensaft in vitro mit der des Laktalbumins zu vergleichen, wobei das Milcheiweiß als besonders leicht verdaulich gilt.

Diesbezüglich ist nun Krill dem Laktalbumin gleichwertig: er liefert quantitativ ebensoviele Spaltprodukte wie Laktalbumin und seine optimale Spaltproduktbildung zeigt er in denselben Magensaftfraktionen wie Laktalbumin, hat also dieselben qualitativen Bedingungen für seine Aufspaltbarkeit.

Daraus läßt sich schließen, daß Krill als ein für den Magen leicht verdauliches Nahrungseiweiß gelten kann.

Zu berücksichtigen ist die Tatsache, daß der in-vitro-Versuch der Verdauung im menschlichen Organismus nur bedingt nahekommt und daß die Verdaulichkeit im Darm mit dieser Untersuchung nicht geklärt ist und noch zur Frage steht.

Hinzuzunehmen ist zum Ergebnis dieser Untersuchung die beson-

dere stofflich-chemische Zusammensetzung des Krills, die durch ihren hohen Eiweißanteil, insbesondere auch essentieller Aminosäuren (50 % der AS sind essentiell), ihren hohen Vitamin A- und D- sowie Spurenelement-Gehalt und durch einen hohen Anteil an Phospholipiden und ungesättigten (68 %) und essentiellen (6,5 %) Fettsäuren in ihren Fettsubstanzen auffällt. Dies könnte den Krill, zusammen mit seiner leichten Verdaulichkeit, zur diätetischen Mitbehandlung bestimmter Krankheiten möglich machen.

Darüber hinaus wäre noch die allgemeine Verträglichkeit von Krillkost zu klären. Zu denken wäre an die subjektive Bekömmlichkeit sowie an eine Unverträglichkeit infolge allergischer Reaktionen, die manche Menschen gegenüber bestimmter Fischnahrung entwickeln. Erscheinungen dieser Art konnten schon beobachtet werden. Ob dies in besonderem Maße für den Krill zutrifft, bedarf ebenso weiteren Untersuchungen.

Zu erwähnen sei noch, daß die Beurteilung eines Nahrungsmittels noch von ganz andersartigen Gesichtspunkten her erfolgen kann und muß. So kann man der Herkunft eines Nahrungsmittels, ob es pflanzlichen oder tierischen Ursprungs ist, d.h. auf welche Art und Weise seine Stofflichkeit entstanden ist, eine Bedeutung für seine Verwendbarkeit beimessen.

Bei Betrachtung des Krills läßt sich nun ersehen, daß es sich bei ihm um eine niedere Fischart handelt, die als tierischer Bestandteil des Planktons dem Pflanzlichen noch nahe steht, was sich auch darin äußert, daß er nur in großen Schwärmen gleichen Alters auftritt und stark von seinen äußeren Lebensbedingungen beeinflußt wird, insbesondere von Licht, Tages- und Jahreszeiten sowie Wassertemperatur, Salz-, Sauerstoff- und Nährstoffgehalt des Gewässers, was sich bis hinein in seine damit wechselnde stoffliche Zusammensetzung erkennen läßt (vgl. entsprechendes Kapitel).

Es muß außerdem hervorgehoben werden, daß der Lebensraum, in dem der Krill wächst und lebt, dem Menschen ganz unangemessen ist (Antarktis). Entsprechend könnte auch das Nahrungsmittel, das in einem solchen Lebensraum entsteht, unter Umständen von

dieser Sicht aus dem Menschen nicht ohne weiteres bekömmlich sein, wenn es über längere Zeit in großen Mengen zu sich genommen wird. Dies wäre gerade als Grenze für die Allgemeinverwendung des Krill zum Schließen der Eiweißlücke in der Welternährung zu berücksichtigen, wobei die nähere Begründung einer solchen Ansicht andersartigen Arbeiten vorbehalten bleiben muß.

VII. ZUSAMMENFASSUNG

Mit Hilfe der Magensaftproben aus 27 fraktionierten Säureanalysen von Patienten konnte in vitro der Nachweis geführt werden, daß sich Lactalbumin- und Krillmus-Eiweiß hinsichtlich ihrer Verdaulichkeit durch Magensaft identisch verhalten. Als wichtiger Nebenbefund ergab sich, daß eine Vorauseinnahme von Tyrosin, mit einem Antazidum vermengt, das Proteolyseergebnis für die Abspaltung aromatischer AS nicht beeinflußt, daß aber der Tyrosinzusatz Bedeutung für die proteolyseabhängige Bildung alkohollöslicher kleinmolekularer Peptide hat. Dies erlaubt, auf eine sehr rasche Resorption des zugeführten Tyrosins unter günstigen pH-Bedingungen zu schließen, so daß es in der verwendeten Magensaftprobe nicht mehr in den in-vitro-Proteolyseansatz eingeht. Darüber hinaus wird die Bildung kleinmolekularer Peptide durch den Tyrosinzusatz offenbar begünstigt.

Die Bedeutung der Versuchsergebnisse für verdauungsphysiologische Überlegungen, insbesondere Regulationsmechanismen der Magenfunktion, wird erörtert.

VIII. LITERATURVERZEICHNIS

1. ARAI, K.
   WATANABE, T.
   KINUMAKI, T.
   Studies on the Utilization of Antartic Krill.
   Euphausia superba Dana - I Nutritive Value by a Rat-Jeeding Trial.
   Bull.Tokai Reg.Fish.Res.Lab., No.85, March 1976

2. BRAMSTEDT, F.
   siehe Lit. 4

3. BRAMSTEDT, F.
   siehe Lit. 4

4. BRAMSTEDT, F.
   Zur vergleichenden Biochemie der Eiweißverdauung des Magens unter besonderer Berücksichtigung des Kathepsins.
   Habil.-Schrift, Hamburg 1952

5. BRAMSTEDT, F.
   Neue Untersuchungen zur proteolytischen Leistung des Magensaftes.
   Dtsch.Arch.f.klin.Med. 197 (1950) 537

6. BRAMSTEDT, F.
   Die Proteolyse im anaciden Magen.
   Die Medizinische 1953, 20: 675

7. BUCHS, S.
   Wozu sezerniert die Magenschleimhaut Pepsin und Salzsäure?
   Dtsch.med.Wschr. 1974, 332-338

8. BUCHS, S.
   FREUDENBERG, E.
   Die Rolle des Kathepsins bei der Eiweißverdauung.
   In: Ergebnisse der Inneren Medizin und Kinderheilkunde, Springer-Verlag Berlin (1951)

9. CHRISTIANS, O.
   FLECHTENMACHER, W.
   SCHREIBER, W.
   Neue Nahrungsmittel aus der Antarktis.
   Sonderdruck aus Ernährungs-Umschau 5/1977

10. DAVENPORT, H.W.
    Physiologie der Verdauung.
    Schattauer (Stuttgart) 1971

11. ELWIN, C.
    URNÄS, B.
    Destribution and local release of gastrin.
    In: Grossmann M.J.: Gastrin, Univ. of California Press, Berkeley + Los Angelos 1966

12. FERGUSON, C.F.
    RAYMONT, J.K.B.
    Biochemical Studies on Marine Zooplancton. XII Further Investigations on Euphausia Superba Dana.
    J.mar.Biol.Ass. U.K. 54 (1974)

13. GROSSMANN, M.J.
    The Gastric Phase of Gastric Secretion.
    In: Semb, L.S., Myren, J. (ed.): The Physiology of Gastric Secretion.
    Universitets Forlaget Oslo 1968

14. HOLLAN, S. — Gastric Urease. Brit.J.exper.Path. 28, 365 (1947)

15. IVY, A.C.A. JAVOIS, J. — Contributions to the physiology of gastric secretion. Amer.J.Physiol. 71 (1925) 538, 591

16. KINSCHER, M. — Einfluß der pH-Änderung auf die proteolytische Aktivität des Magensaftes in vitro. Inaugural-Dissertation Fachbereich Medizin Universität Würzburg, 1973

17. KITSCHENBERG, B. — Verdaulichkeit von Nahrungseiweiß verschiedener Herkunft durch menschlichen Magensaft. Inaugural-Dissertation Medizinische Fakultät, Würzburg 1972

18. KLINGMÜLLER, V. — Biochemie, Physiologie und Klinik der Glutaminsäure. Cantor, Aulendorf 1955

19. KÜHNAU, J. — Kann der Krill zur Lösung des Welternährungsproblems beitragen? Ernährungswiss.Beirat der deutschen Fischwirtschaft, Protokoll der 21. Jahrestagung, Bad Nauheim, Nov. 1976

20. LINDENSCHMIDT, Th.O. — Pathophysiologische Grundlagen der Chirurgie. Thieme-Verlag Stuttgart (1975)

21. LINDERSTROM-LANG, K. SOEBORG-OHLSEN, A. — Distribution of Urease in Dog's Stomach. Enzymologia I, 92 (1936)

22. MAIWALD, L. — Erweiterte Verfahren der Magenfunktionsdiagnostik. In: Gastroenterologie und Stoffwechsel, Thieme Verlag Stuttgart 1973

23. THURNER, F. — Noradrenalinneubildung aus l-Tyrosin in der Schleimhaut des Schweinemagens. Inaugural-Dissertation, Fachbereich Medizin (in Vorbereitung)

24. RIES, W. — Versuche zur Identifizierung von Brenzkatechinen und Indolmetaboliten in der Magenwand der Ratte mit Hilfe der Dünnschichtchromatographie. Inaugural-Dissertation, Fachbereich Medizin, Würzburg 1977

25. MERTEN, R.
Die Klinik der Proteinasen des menschlichen und tierischen Organismus, ihre besondere Bedeutung in seinen Abwehrleistungen und in der klinischen Diagnostik.
Erg.Inn.Med. und Kinderheilk., N.F. Bd.2 (1950) 49

26. MERTEN, R.
RATZER, H.
KLEFFNER, U.
Das Magenkathepsin des Erwachsenen in seiner Bedeutung für die Verdauung der Nahrungsproteine.
Kli.Wo. 27 (1949)

27. POPPENBORG, M.
Die Veränderungen der enzymatischen Aktivität des menschlichen Magensekretes durch Zugabe säurebindender Stoffe in vitro.
Inaugural-Dissertation Fachbereich Medizin, Universität Würzburg 1976

28. PROUT, W.
On the nature of the acid and saline matters usually existing in the stomachs of animals.
Philos.Trans. (1824) 114

29. RAPOPORT, S.M.
Medizinische Biochemie.
VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin 1966

30. RODEWYK, L.
SURMAN, Th.
Über die therapeutische Beeinflussung der Magensekretion durch Aminosäuren.
Dtsch.Med.Wschr. 88 (1963) 1689

31. ROSCHKE, N.
SCHREIBER, W.
Analytik von Krill, Krillprodukten und antarktischen Fischen.
Arch.Fisch.Wiss. 28 (1977)

32. SAHRHAGE, D.
STEINBERG, R.
Dem Krill auf der Spur.
Umschau 75 (1975), Heft 20

33. SCHREIBER, W.
Krill - Rohstoff für neue Nahrungsmittel.
Gordian 78 (1978)

34. SCHNEIDER, M.
Praktische Erfahrungen mit der kontinuierlichen Registrierung der intragastralen Proteolyse im Autoanalyser.
Inaugural-Dissertation Medizinische Fakultät, Würzburg 1972

35. STRULLER, H.
Die Abhängigkeit der Freisetzung aromatischer Spaltprodukte von Säure- und Eiweißkonzentration im Magenchymus.
Inaugural-Dissertation Fachbereich Medizin, Universität Würzburg 1979

36. TAGAWA, J.
Über die magensekretionerregende Wirkung der salzsauren Aminosäuren.
I. Experimente am Menschen.
Biochem.Zschr. 243 (1931) 330
II. Experimente am Menschen bei duodenaler Einführung.
Biochem.Zschr. 243 (1931) 355

37. TANG, J.
TANG, K.
Further studies on the properties of gastricsin and human pepsin.
Fed.Proc. 20 (1961) 239

38. TANG, J.
TANG, K.
Purification and properties of a zymogen from human gastric mucosa.
J.biol.Chem. 238 (1963) 606

39. THOMAS, J.E.
Neural regulation of pancreatic secretion.
In: Handbook of Physiology Bd.II/6, hrsg.von C.F.Code, Washington 1967

40. WANG, C.C.
GROSSMANN, M.J.
Physiological determination of release of secretin and pancrozymin from intestine of dogs with transplanted pancreas.
Amer.J.Physiol. 164 (1951) 527

Meinen herzlichen Dank darf ich Herrn Prof. Dr. L. Maiwald sagen für die Bereitstellung des Themas und für die menschliche und gütige Art, in der die Zusammenarbeit möglich war.

Danken will ich auch Frl. B. Metz und Frau Nowotny, die bei der Durchführung der Versuche freundliche Hilfe gaben.

L e b e n s l a u f

Ich, Liane Preu, bin als Tochter von Dipl.-Ing. Ernst Preu und seiner Ehefrau Irene, geb. Günther, am 16.11.1953 in Würzburg geboren. Von 1960 bis 1964 besuchte ich die Goetheschule in Würzburg (Volksschule), dann das Mozartgymnasium in Würzburg (Neusprachliches Gymnasium), wechselte in der 10. Klasse auf das Matthias-Grünewald-Gymnasium über (musisches Gymnasium), in dem ich 1973 das Abitur absolvierte.

Im Sommersemester 1974 begann ich das Medizinstudium in Würzburg, das ich 1980 mit der ärztlichen Prüfung abschloß.

Liane Preu

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80